

**Desenvolvimento e caracterização de massas
alimentícias isentas de glúten enriquecidas com
Laminaria ochroleuca e casca de batata**

António Miguel Aguiar Sobral Oliveira

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em:

Engenharia Alimentar

Orientadores: Anabela Cristina da Silva Naret Moreira Raymundo
Patrícia Catarina das Neves Bordalo Branco Fradinho

Júri:

Presidente: Doutor Vítor Manuel Delgado Alves, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogal: Doutora Maria Cristiana Henriques Nunes, Professora auxiliar da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Vogal: Mestre Patrícia Catarina das Neves Bordalo Branco Fradinho, Assistente convidada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

AGRADECIMENTOS

À Engenheira Patrícia Fradinho pela orientação prestada e disponibilidade a esclarecer dúvidas que foram surgindo durante o trabalho.

À Professora Doutora Anabela Raymundo por me ter acolhido no seu grupo de trabalho e por ter demonstrado apoio e disponibilidade para a realização do projeto.

Ao Engenheiro Daniel Duarte e à Engenheira Diana Faria por todo o apoio fornecido em termos laboratoriais.

Aos meus colegas, Susana, Inês, Sara, Catarina, Carolina e João, pelo convívio e apoio ao longo deste percurso.

Um muito especial aos meus pais por me terem dado a oportunidade de estudar numa área em que sempre mostrei interesse.

Por último, obrigado ao Banco Santander, através do Santander Universidades/Instituto Superior de Agronomia pelo Prémio de Incentivo ao Mestrado.

RESUMO

Atualmente, devido ao aumento de número de indivíduos intolerantes ao glúten e de consumidores que preferem consumir produtos isentos de glúten, o mercado de produtos isentos de glúten tem vindo a crescer consideravelmente. No entanto, existe pouca oferta desses produtos, e culminada com um preço elevado, faz com que os doentes celíacos apresentem deficiências nutricionais. De modo a colmatar esse défice nutricional e devido ao aumento da procura de alimentos com ingredientes bioativos, foi incorporada na massa alimentícia, cuja formulação foi previamente otimizada, a macroalga *Laminaria ochroleuca* (em extrato e desidratada) e extrato de casca de batata. Foram avaliadas características físicas das massas, como a textura, a cor, parâmetros reológicos, parâmetros de qualidade, composição química e atividade antioxidante. Verificou-se que a massa com incorporação da macroalga desidratada apresentou um teor de fibra mais elevado, no entanto demonstrou perdas de qualidade nas análises de textura. A formulação da massa com incorporação do extrato de casca de batata foi a que apresentou um teor superior de compostos fenólicos e uma maior atividade antioxidante. Ambas as formulações preparadas com extratos (macroalga e casca de batata) apresentaram resultados aceitáveis nas análises dos parâmetros de qualidade de cozedura como na textura.

Palavras-chave: massas alimentícias isentas de glúten; *Laminaria ochroleuca*; casca de batata; textura; compostos bioativos;

ABSTRACT

Currently, due to the increasing number of gluten intolerant individuals and consumers who prefer to consume gluten-free products, the market for gluten free products has been growing considerably. However, there is little supply of these products, and in addition with a high price, causes celiac patients to have nutritional deficiencies. In order to fill this nutritional deficit and due to the increased demand for food with bioactive ingredients, macroalgae *Laminaria ochroleuca* and extract of potato peels were incorporated into the pasta, whose formulation was previously developed. There were evaluated physical characteristics of the pastas, such as texture, and also the color, rheological parameters, quality parameters, chemical composition and antioxidant activity. It was found that the pasta with dehydrated macroalgae incorporation had a higher fiber content, but showed quality losses in texture analysis. The formulation of the pasta with incorporation of potato peel extract presented the highest content of phenolic compounds and the highest antioxidant activity. Both formulations prepared with extracts (macroalgae and potato peel) presented acceptable results in the analysis of the cooking quality parameters as in the texture.

Key words: gluten free pasta; *Laminaria ochroleuca*; potato peel; texture; bioactive compounds;

Índice

AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
ÍNDICE DE ABREVIATURA	IX
1. Introdução e Objetivos.....	1
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. A Doença Celíaca	3
2.2. O glúten	4
2.3. Massas alimentícias.....	5
2.4. Arroz.....	7
2.5. <i>Psyllium</i>	8
2.6. Macroalga.....	9
2.7. Subprodutos da indústria da batata.....	11
2.8. Avaliação do comportamento reológico	12
2.9. Avaliação das propriedades de textura.....	13
2.10. Avaliação instrumental da cor.....	16
2.11. Compostos fenólicos	17
2.12. Avaliação da atividade antioxidante	18
3. Materiais e métodos	19
3.1. Materiais	19
3.2. Métodos	20
3.2.1. Preparação da massa alimentícia.....	20
3.2.2. Parâmetros de qualidade de cozedura	21
3.2.3. Avaliação da cor	22
3.2.4. Avaliação da textura.....	22
3.2.5. Avaliação do comportamento viscoelástico das massas	24
3.2.6. Determinação do teor humidade.....	25
3.2.7. Determinação do teor proteico	25
3.2.8. Determinação do teor de lípidos totais	26
3.2.9. Determinação do teor de cinza	26
3.2.10. Determinação do teor de fibra.....	26
3.2.11. Determinação de compostos fenólicos e atividade antioxidante.....	27
3.2.12. Métodos estatísticos	29

4. Resultados e discussão	30
4.1. Avaliação dos parâmetros de qualidade de cozedura	30
4.2. Avaliação da cor das massas	31
4.3. Avaliação da textura.....	33
4.4. Avaliação do comportamento reológico	36
4.5. Composição química das massas	39
4.6. Avaliação do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante	41
5. Conclusão	43
6. Referências Bibliográficas	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Mucosa intestinal de dois indivíduos, mucosa de um indivíduo saudável (a) e mucosa de um doente celíaco (b).	3
Figura 2- Diagrama de doenças associadas ao consumo de glúten e respetiva patogénese.....	4
Figura 3- Estrutura do grão de arroz.	7
Figura 4- Macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> detetada nas ilhas Sisargas, Galiza.	10
Figura 5- Texturograma obtido através de um teste de TPA.	13
Figura 6- Texturograma obtido pelo teste de corte.....	14
Figura 7- Texturograma obtido através do ensaio respetivo à determinação da adesividade à superfície.....	15
Figura 8- Texturograma obtido pelo teste de extensibilidade.	16
Figura 9- Espaço de cor CIELab.....	16
Figura 10- Parâmetros de qualidade de cozedura das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>), P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).	30
Figura 11- Massas apresentadas em forma de tagliatelle: A - Massa Controlo; B - Massa LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>); C - Massa P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada); D - Massa LB (com incorporação de licor de casca de batata).	32
Figura 12- Parâmetros obtidos do teste TPA das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>), P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).	33
Figura 13- Firmeza das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>), P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).	34
Figura 14- Adesividade à superfície das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>), P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).	35
Figura 15- Extensibilidade e resistência à extensão das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>), P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).	36
Figura 16- A : Teste de varrimento de frequência das massas cruas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>), P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata). B : Teste de varrimento de frequência das massas cozidas em estudo.....	37
Figura 17- A : G' a 1 e 10 Hz das massas cruas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i>), P (com incorporação da macroalga <i>Laminaria ochroleuca</i> desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata). B : G' a 1 e 10 Hz das massas cozidas em estudo.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Composição nutricional da farinha de arroz, Psyllium e da macroalga utilizado no estudo.	19
Tabela 2- Composição dos géis para as diferentes massas em estudo.	20
Tabela 3- Parâmetros da cor (L^* , a^* e b^*) das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga Laminaria ochroleuca), P (com incorporação da macroalga Laminaria ochroleuca desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata), com respetivo valor de ΔE^*	31
Tabela 4- Caracterização das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga Laminaria ochroleuca), P (com incorporação da macroalga Laminaria ochroleuca desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata), tanto no seu estado cru como cozido.	39
Tabela 5- Teor de Fibra nas massas cozidas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga Laminaria ochroleuca), P (com incorporação da macroalga Laminaria ochroleuca desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).	40
Tabela 6- Quantificação do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante através dos métodos DPPH e ABTS das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga Laminaria ochroleuca), P (com incorporação da macroalga Laminaria ochroleuca desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata), cruas e cozidas.	41

ÍNDICE DE ABREVIATURA

ΔE^* - Diferença total da cor

DC – Doença celíaca

G' – Módulo elástico ou de armazenamento

G'' – Módulo viscoso ou dissipativo

HLA – Human leukocyte antigens (Antígenos de histocompatibilidade humano)

L* - Luminosidade

LB – Com incorporação de licor de casca de batata

LL – Com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*

P – Com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada

ABTS - Do inglês, 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6 sulfonic acid)

DPPH - Do inglês, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

FRAP - Do inglês, ferric reducing antioxidant power

TRAP- Do inglês, total radical-trapping antioxidant parameter

1. Introdução e Objetivos

A doença celíaca (DC), também designada de enteropatia sensível ao glúten, é uma doença autoimune, que se manifesta pela ingestão de glúten em indivíduos com predisposição para tal. Ocorre uma atrofia parcial ou total das vilosidades intestinais, o que irá consequentemente provocar uma anormal absorção digestiva. Um indivíduo que sofra desta doença não pode consumir produtos que contenham prolaminas, pois ao ingerir estes produtos, prejudicam a sua saúde, podendo no pior dos casos para um cancro do intestino, anemia ou osteoporose (Sollid, 2002).

O glúten é formado por uma mistura de proteínas, a gliadina (prolaminas) e a glutenina, que se encontram numa diversidade de cereais. O glúten desempenha uma função importante na indústria de transformação dos cereais e como tal a sua substituição apresenta um desafio não só para os doentes celíacos, mas também para as indústrias alimentares que procuram encontrar uma forma de melhorar as características de sabor e textura destes produtos, de modo a colmatar a aumento da procura de produtos isentos de glúten. (Arendt & Bello, 2008). A remoção total do glúten da dieta torna-se uma tarefa difícil, pois os produtos que contêm glúten são consumidos mundialmente e as suas vertentes sem glúten podem apresentar um elevado custo, serem difíceis de encontrar e nem sempre apresentam características sensoriais apelativas para o consumidor.

As massas alimentícias isentas de glúten são um bom exemplo desse mesmo desafio. O arroz tem vindo a ser usado como base no desenvolvimento deste tipo de produto e, com a ausência da rede de glúten, é necessário incorporar ingredientes que atuem como gelificantes e melhorem a estrutura das massas. O produto escolhido para desempenhar essa função foi o *Psyllium* que afeta estruturalmente os produtos alimentares em que é inserido, devido a apresentar propriedade gelificante e à sua capacidade de absorção de água (Fradinho *et al.*, 2015).

A doença celíaca provoca um défice de absorção de nutrientes, existindo assim a necessidade de adicionar a uma dieta celíaca suplementos para repor o equilíbrio nas quantidades necessárias de nutrientes no organismo Humano. Foi com esse problema em mente que foi incorporado na formulação das massas alimentícias deste estudo, a macroalga *Laminaria ochroleuca* e um subproduto da indústria da batata (casca de batata).

O presente estudo visou o desenvolvimento de massas alimentícias isentas de glúten a partir de farinha de arroz, com adição de *Psyllium* e incorporação de extratos da macroalga e casca de batata, como também da macroalga na sua forma desidratada.

Após a elaboração das massas, o principal objetivo deste trabalho foi a caracterização da textura, do comportamento reológico, dos parâmetros de qualidade de cozedura, características de cor, composição química e atividade antioxidante das massas.

A presente tese encontra-se dividida em 5 capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução geral do trabalho bem como os objetivos do mesmo. No Capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os principais temas relacionados com o objetivo do trabalho. No Capítulo 3 referem-se os materiais e métodos e no Capítulo 4 expõem-se os resultados obtidos com a respetiva discussão. No quinto e último capítulo encontram-se as principais conclusões do trabalho, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

2.1. A Doença Celíaca

A enteropatia sensível ao glúten, mais conhecida como Doença Celíaca (DC), é uma doença crônica autoimune que afeta indivíduos com predisposição genética quando sujeitos a uma dieta que contenha glúten. Nestes casos, a ingestão, mesmo que em pequenas quantidades, desencadeia uma reação imunitária contra o próprio intestino delgado e provoca lesões na mucosa, que dificultam a absorção de nutrientes (Hamaker, 2007; Araújo *et al.*, 2010).

A DC é complexa, resulta da interação entre fatores ambientais, genéticos e imunológicos. O glúten é considerado o principal fator ambiental uma vez que este é o fator indutor da doença devido à sua constituição em prolaminas (gliadinas, hordeínas, secalinas e aveninas) e gluteninas, sendo que as prolaminas são resistentes à digestão e conseguem alcançar o intestino delgado (Baptista, 2006; Larrosa *et al.*, 2013).

No que diz respeito à predisposição genética sabe-se que esta doença está relacionada com o complexo genético HLA, nomeadamente com os antígenos de histocompatibilidade HLA-DQ2 (presente em 90-95% dos indivíduos celíacos) e HLA-DQ8 (presente em 5% dos indivíduos celíacos). Nestes casos, dá-se uma resposta imunitária anormal quando é ingerida a gliadina, existe a libertação de citocinas que são responsáveis pelos danos na mucosa do intestino delgado (Figura 1), e consequente deficiência na absorção de nutrientes, vitaminas, água e sais minerais por parte do doente celíaco (Zandonadi, 2006; Nobre *et al.*, 2007).

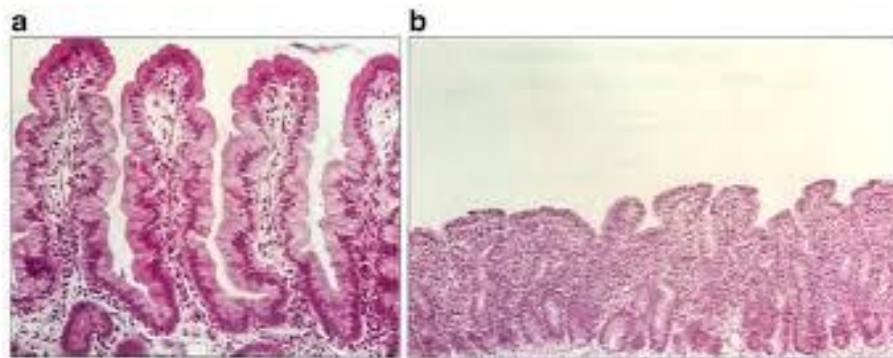


Figura 1- Mucosa intestinal de dois indivíduos, mucosa de um indivíduo saudável (a) e mucosa de um doente celíaco (b).

Fonte: Duarte, 2016

Atualmente a doença celíaca já foi diagnosticada em várias regiões do globo, onde as populações além de possuírem a predisposição genética para a doença também consomem uma grande quantidade de alimentos com proteínas formadoras de

glúten. Por exemplo, na Europa a prevalência da DC varia entre 0,2% na Alemanha e Croácia e 1,2% na Hungria (Sapone *et al.*, 2012). Segundo a Associação Portuguesa de Celiacos, pensa-se que em Portugal, 1 a 3% da população sofre desta doença, sendo que a tem uma maior percentagem de manifestação em indivíduos com mais de 60 anos (Nobre *et al.*, 2007).

Apesar de a DC ser a doença com maior número de casos, o glúten está ainda associado a outras doenças. Sapone *et al.* (2012) descreve outras patologias também comuns, como é o caso da alergia ao trigo, dermatite herpetiforme ou sensibilidade ao glúten (Figura 2).

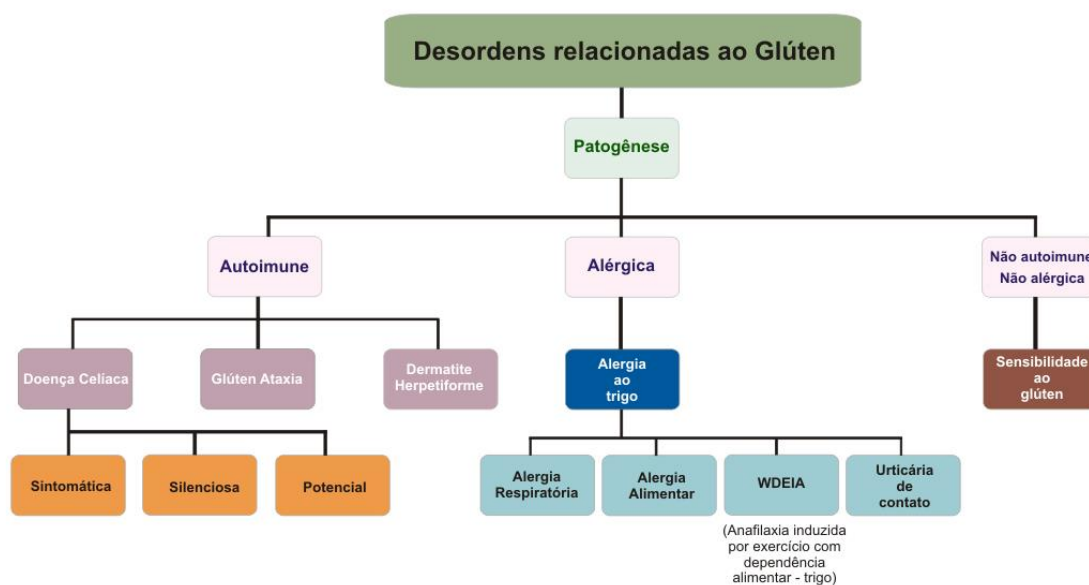


Figura 2- Diagrama de doenças associadas ao consumo de glúten e respetiva patogênese.

Fonte: Adaptado Sapone *et al.*, 2012

2.2. O glúten

O glúten resulta de uma mistura complexa de proteínas (prolaminas e gluteninas), pentoses e lípidos que estão presentes no endosperma de alguns cereais sob diferentes formas e concentrações, sendo que as prolaminas são estruturalmente diferentes dependendo do cereal: gliadinas (trigo), secalinas (centeio), hordeínas (cevada), aveninas (aveia), entre outros (Scholfield, 1996). Este componente apresenta características essenciais na indústria de transformação de cereais, como é o caso das massas alimentícias, do pão e dos produtos de pastelaria, devido principalmente a conferir textura ao produto final.

Apesar de outros cereais apresentarem ambas as proteínas necessárias para a formação do glúten, só o trigo tem na sua constituição uma fração de glutenina em quantidade suficiente para conferir elasticidade à massa, sendo que a gliadina é

responsável por conferir características de extensibilidade. Este cereal contém 8 a 15% de proteínas dos quais 85 % consiste em proteínas de reserva (gliadina e glutenina), 40 % de amido e 5 % de lípidos (Cornell & Hoveling, 1998).

A formação de glúten acontece na etapa de amassadura. As proteínas que formam o glúten quando hidratadas e na presença de energia mecânica interagem entre si. Dá-se a quebra de ligações intramoleculares e ocorre uma nova reorientação das proteínas, formando uma matriz tridimensional com pontes de enxofre e hidrogénio, com propriedades viscoelásticas, insolúvel em água, capaz de reter o dióxido de carbono produzido durante o processo de fermentação (Hamaker, 2007).

2.3. Massas alimentícias

O consumo de massas alimentícias tem aumentado bastante nas últimas décadas, sendo este facto comprovado pelo aumento da sua produção mundial anual de 7 para 12 milhões de toneladas na última década, tornando-se um alimento básico da alimentação, principalmente devido ao baixo preço, facilidade de armazenamento, período de vida útil longo e por ser um produto de fácil preparação (Carini *et al.*, 2014; Correia, 2017).

Segundo o Decreto n.º 45588 (1964) da República Portuguesa, a massa alimentícia define-se por produtos secos não fermentados, obtido a partir de trigo *durum* ou sêmolos de trigo rijo de grão claro, água potável e com a possibilidade de adição de outros componentes legalmente autorizados, passa pela operação de prensagem e secagem. Para venda de massa fresca, esta deve ser sujeita a uma pasteurização e o seu armazenamento tem de estar a uma temperatura controlada de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$, com humidade inferior 24% e um a_w entre 0,92 e 0,97 (Cafieri *et al.*, 2010).

As massas alimentícias são muito apreciadas pelas suas características sensorias que englobam tanto a sua aparência (cor âmbar homogénea, forma regular e bem definida), o aroma agradável e o sabor característico, como também as suas características físicas. De modo a obter uma massa de elevada qualidade é utilizado o trigo como o cereal preferencial para a formulação da massa. Devido à sua ótima capacidade de formar glúten, os constituintes deste cereal conferem extensibilidade e resistência à massa, criando uma estrutura mais consistente, que por sua vez também influencia os parâmetros de avaliação da qualidade da massa após a cozedura (perda de sólidos totais, índice de inchamento e absorção de água). Outros parâmetros de qualidade utilizados para avaliar a massa alimentícia prendem-se com ensaios de textura e reologia (Marti *et al.*, 2013; Gallagher *et al.*, 2004).

Na última década, com o intuito de colmatar a escassez de massas alimentícias focadas para uma dieta celíaca, têm vindo a ser realizados vários trabalhos de investigação para criar soluções para o desafio tecnológico que é fazer uma massa sem glúten. Os ingredientes mais utilizados na produção deste tipo de massas são a farinha e/ou amido de milho, arroz, sorgo, quinoa, trigo-sarraceno, batata (ou outros tubérculos), com recurso à adição de proteínas, gomas e emulsionantes que podem atuar como substitutos do glúten. Esta diversidade de matérias-primas pode ajudar a aumentar a quantidade e a qualidade dos produtos para os consumidores celíacos (Hager *et al.*, 2012).

O mercado das massas elaboradas a partir de farinha de arroz é aquele que se encontra em maior expansão, especialmente devido aos benefícios que apresenta para a saúde. O método de produção varia consoante as características pretendidas do consumidor (Barbiroli *et al.*, 2013). O processo de produção de massa de arroz difere do processo em que a matéria-prima é o trigo. Neste caso, existe uma etapa onde se promove a gelatinização parcial do amido do arroz através de vapor a altas temperaturas (Ormenese & Chang, 2002).

Marti *et al.* (2010) demonstraram que através da utilização de farinha de arroz parcialmente cozido (vapor) e de um processo de extrusão a altas temperaturas (100°C) que promove a gelatinização do amido é possível produzir massa de arroz sem recorrer à utilização de aditivos, como acontece com o método referido anteriormente. Durante o processo de aquecimento ocorre a absorção de água e inchamento dos grânulos de amido, originando a desestabilização da estrutura cristalina do interior dos grânulos resultando na perda de birrefringência. Este processo designa-se por gelatinização. Quando a temperatura de gelatinização é atingida, os grânulos aumentam de volume, resultando na rutura da estrutura das zonas semi cristalinas. De seguida ocorre a fusão dos cristais, perda de birrefringência e dá-se a solubilização do amido o que contribui para o aumento da viscosidade (Ratnayake & Jackson, 2007).

As características como a variedade e a origem do arroz afetam os atributos estruturais da massa, pois existe correlação com as propriedades de gelatinização do amido, como por exemplo a proporção de amilose e amilopectina, tipo de cristalinidade, tamanho e estrutura do grânulo de amido (Wani *et al.*, 2012).

2.4. Arroz

O arroz faz parte da dieta de mais de metade da população mundial sendo considerado um alimento básico para a população (Carena, 2009). Os países com maior consumo em 2012/2013 estão situados no continente asiático, com a China (cerca de 144 Mton), a Índia (cerca de 97 Mton) e a Indonésia (37,6 Mton), situados no topo da lista (Statista, 2018). No entanto, apesar de Portugal estar afastado geograficamente destes países, apresenta um consumo *per capita* bastante elevado (15,1 kg/hab por ano) quando comparado com a média europeia (6 kg/hab por ano) (INE, 2019).

O arroz é uma planta pertencente à família das gramíneas, ao género *Oryza*, sendo a *Oryza sativa* a principal espécie. As duas subespécies mais exploradas são a *Oryza sativa ssp. Japonica*, mais cultivada em zonas de clima temperado e a *Oryza sativa ssp. Indica*, localizada nas zonas tropicais. Estas subespécies apresentam diferenças na morfologia na planta como também nas características fisiológico-bioquímicas (por exemplo, tipos de amido no grão) (Lu *et al.*, 2009).

Relativamente à estrutura do grão (Figura 3) este é formado pela cariopse e pela casca, sendo a que esta camada protetora representa 20 % do peso do grão. A cariopse é constituída por diferentes camadas (pericarpo, tegumento e a camada de aleurona) que representam 5-8% do grão, o embrião com 1% e o endosperma representa a maior parte do grão, entre 89-94% do seu peso (Walter *et al.*, 2008).

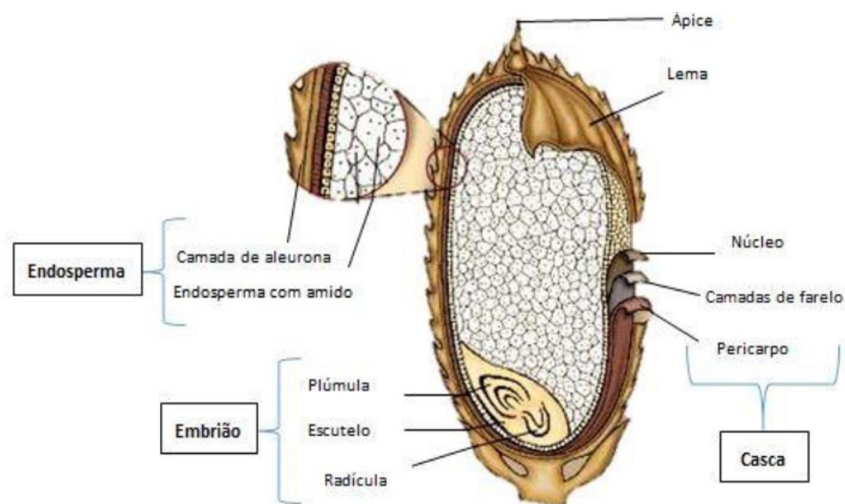


Figura 3- Estrutura do grão de arroz.

Fonte: Adaptado de Singh, R. & Kent-Jones, 2019

A composição nutricional do arroz varia consoante as características edafoclimáticas (humidade, temperatura, natureza do solo, radiação solar), técnicas de cultivo (adubação) e com o processamento do arroz (arroz branqueado, vaporizado ou integral) (Naves, 2007). O amido, formado por amilose e amilopectina, encontra-se no endosperma do grão e é o maioritário constituinte do arroz, mais de 80%. O teor de

proteínas do arroz de cerca de 10%. Em relação à quantidade de lípidos presentes, o teor lípidos é cerca de 2,5% (Walter *et al.*, 2008). O teor de fibra alimentar é variável, apresentando valores próximos de 10%, sendo constituída essencialmente por hemicelulose e pectina (Naves, 2007).

Em relação ao arroz polido, os minerais em maior quantidade são o fósforo, o zinco e o ferro, também estando presentes o zinco e o ferro, mas em quantidades residuais. As vitaminas que estão presentes em maior quantidade no arroz são vitaminas do complexo B, principalmente tiamina (B1) e riboflavina (B2), e α -tocoferol (vitamina E), as vitaminas A, D e C estão presentes em menor quantidade (Walter *et al.*, 2008).

No caso do arroz, a farinha é obtida a partir da moagem da trinca de arroz, sendo que a farinha apresenta praticamente todos os constituintes nutricionais contidos na matéria-prima de origem, à exceção do teor de humidade (Ormenese & Chang, 2002; Clerici & El-Dash, 2008). Estudos realizados por Pancha-arnon & Uttapap (2013) revelaram que o teor de proteínas ronda os 5,2% – 9%, dependendo da *cultivar* de arroz que originou a farinha.

2.5. *Psyllium*

No desenvolvimento das massas alimentícias sem glúten, em que o cereal predominante é o arroz, é necessário utilizar uma etapa extra na confeção, como por exemplo a pré-gelatinização, ou a adição de um agente espessante na elaboração da massa, para colmatar a ausência de estrutura que o glúten fornecia ao produto. Neste trabalho recorreu-se à utilização do *Psyllium* (planta), que devido às suas características tem um impacto determinante na estrutura nos alimentos onde é incorporado, de acordo com estudos realizados por Fradinho *et al.* (2019).

O *isabgol* ou *ispaghula* mais conhecido como *Psyllium* é obtido a partir da semente da planta do género *Plantago*. Esta planta contém cerca de 200 espécies diferentes, maioritariamente localizadas em regiões temperadas, sendo que as mais importantes economicamente são *P. ovata* e *P. psyllium* (Rahimi *et al.*, 2017). O principal componente de interesse desta planta é a casca de *Psyllium* da qual é obtida uma mucilagem após submetida a moagem mecânica. É bastante rica em fibra solúvel e é aplicada geralmente em tratamentos de hipercolesterolemia, diabetes, e obesidade em crianças (Raymundo *et al.*, 2014). Devido a esta característica, outra vantagem da sua incorporação é a possibilidade de aumentar o crescimento da oferta de produtos alimentares enriquecidos em fibras.

Como já referido anteriormente, o *Psyllium* influencia a estrutura dos produtos graças à sua propriedade de gelificante, em grande parte devida ao tipo de polissacáridos presentes, mas também pela sua capacidade de absorção de água. Cada grama de *Psyllium* retém cerca de 10 g de água, sendo que quando é feito um gel de *Psyllium* verifica-se que é um gel viscoso, devido à sua capacidade de absorção de água (Fradinho *et al.*, 2015).

2.6. Macroalga

Os oceanos representam cerca de 70% da superfície do planeta Terra possuindo uma extensa diversidade de organismos vivos, sendo este o habitat das algas há mais de dois mil milhões de anos (Santos *et al.*, 2015). O termo “alga” é utilizado para diferentes organismos que, em função da sua dimensão, podem ser agrupados em dois grupos: micro- ou macroalgas. As macroalgas são organismos macroscópicos fotossintéticos com uma estrutura eucariótica e apresentam uma grande diversidade de cores, formas e tamanhos, sendo encontradas habitualmente em costas rochosas. Classificam-se em algas verdes, vermelhas ou castanhas, consoante a sua coloração, que se deve à combinação de diferentes pigmentos fotossintéticos presentes nas suas células. Os principais pigmentos presentes nas algas castanhas são as clorofilas a e c, o β -caroteno, violanxantina e fucoxantina, sendo este último aquele que está presente em maior quantidade e o principal responsável pela coloração acastanhada (Pal *et al.*, 2014).

A costa portuguesa tem uma extensão de aproximadamente 830 km, e devido a maior parte dessa extensão ser composta por solos rochosos, criam ótimas condições para o desenvolvimento da flora algal. No final da década de 60, foram descobertas e identificadas 404 espécies: 246 vermelhas (*Rhodophyceae*), 98 castanhas (*Phaeophyceae*) e 60 verdes (*Chlorophyceae*). Apesar da diversidade marinha e da abundância de espécies de algas, este sector não se encontra muito desenvolvido comparativamente com outros países (Pereira, 2008).

Desde o século IV no Japão e desde o século VI na China que a exploração e utilização de algas como alimento é aceite na sociedade, sendo que com a Coreia do Sul, formam o grupo de países com maior consumo per capita deste alimento. No entanto, nos últimos anos as algas, em especial as macroalgas, têm sido utilizadas também na cosmética, na agricultura (função de fertilizante), na aquicultura e na indústria alimentar e farmacêutica (como fonte de hidrocolóides e outros compostos químicos). Os hidrocolóides provenientes de macroalgas, tais como o agar, o carragenato e os alginatos têm diversas aplicações na indústria alimentar, farmacêutica

e cosmética como espessantes, gelificantes e estabilizantes de suspensões e emulsões (Pereira, 2011).

As macroalgas são compostas principalmente por água (80-90%). Uma vez secas contêm cerca de 50% de hidratos de carbono, 7-38% de minerais e uma pequena quantidade de lípidos (1-3%), para além de quantidades menores de compostos fenólicos e vitaminas. Relativamente ao seu conteúdo em proteínas, a percentagem é bastante variável, rondando os 10-47%, apresentando ainda quantidades elevadas de aminoácidos essenciais. A nível do teor de fibras, as macroalgas possuem valores entre 33-50 g/100g de peso seco de alga. Para além disso, as algas são uma fonte de vitaminas solúveis (vitamina B, B2, B3, B5, B12 e C) e insolúveis (vitamina A, E, D e K) e de minerais (cálcio, sódio, potássio, iodo, ferro, zinco, entre outros) (El-Said & El-Sikaily, 2013).

A parede celular das macroalgas é constituída por polissacarídeos, sendo que os fucoidanos e as laminarinas são típicos das algas castanhas. Alguns dos metabolitos secundários sintetizados pelas algas podem ter benefícios para a saúde, nomeadamente os compostos fenólicos que, devido às várias propriedades biológicas, podem ser utilizados no combate a doenças como o cancro, alergias, inflamação, stress oxidativo, entre outras (Plaza *et al.*, 2008).

Os compostos fenólicos são compostos que têm na sua estrutura um ou mais anéis aromáticos, com um ou mais substituinte hidroxilo, podendo ser monoméricos, oligoméricos ou poliméricos. Os flavonóides são o maior grupo de compostos fenólicos, apresentando uma estrutura típica constituída por dois anéis aromáticos ligados por uma cadeia de três carbonos ($C_6-C_3-C_6$) (Balasundram *et al.*, 2006). Na macroalga castanha *Laminaria ochroleuca* (Figura 4), foram detetados alguns flavonóides, entre os quais a catequina, a galatocatequina, a epicatequina, a epigalocatequina e a galato epigalocatequina (Quirós *et al.*, 2010).



Figura 4- Macroalga *Laminaria ochroleuca* detetada nas ilhas Sisargas, Galiza.

Fonte: Suárez, 2008.

Relativamente aos taninos, estes apresentam uma grande diversidade estrutural sendo classificados em taninos hidrolisáveis, taninos complexos e taninos condensados. Em macroalgas castanhas, como é o caso da *Laminaria ochroleuca*, existe um grupo específico de taninos, denominado de florotaninos. Estes compostos podem ser oligómeros ou polímeros derivados do floroglucinol (1,3,5-trihidroxibenzeno), tendo sido associados a várias atividades biológicas benéficas para a saúde (Andrade *et al.*, 2013).

2.7. Subprodutos da indústria da batata

A batata é a quarta maior produção mundial atrás de milho, arroz e trigo e têm tido um aumento crescente de produção nas últimas duas décadas, sendo considerada uma colheita alimentar estável e uma importante fonte de amido (FAO, 2017).

Durante o processo de transformação da batata (operações pós colheita) são obtidos resíduos, no entanto muitos deles podem vir a ter um importante papel económico para a empresa, pois em vez de criarem despesa na sua eliminação da fábrica podem vir a ser considerados um subproduto com mais valia para a empresa. No caso da batata, o principal subproduto com essas potencialidades é a casca da batata, sendo também este aquele que apresenta um fluxo com maior quantidade. As perdas da operação de remoção da casca da batata podem variar entre os 15 – 40 % dependendo do procedimento que for aplicado (Scieber *et al.*, 2001).

A composição da casca de batata foi determinada por Camire *et al.* (1997) e foi demonstrado que possui amido (25 %), outros polissacáridos (30 %), lignina (20 %), proteínas (18 %), cinza (6 %) e lípidos (1 %). A casca de batata tem sido tradicionalmente usada para alimentação animal ou produção de biodiesel. No entanto, pode também ser utilizada para a formação de compostos alcoólicos e ácidos orgânicos através da fermentação do amido presente no subproduto ou para a produção de etanol por hidrólise enzimática seguida de um processo de fermentação pela *Saccharomyces cerevisiae* (Arapoglou, *et al.*, 2010). Para além destas aplicações, este recurso possui compostos fenólicos e glicoalcalóides, que devido às suas propriedades antioxidantes e antibacterianas, podem ser utilizados como um aditivo na indústria alimentar pela indústria farmacêutica (Maldonado, *et al.*, 2014).

2.8. Avaliação do comportamento reológico

A reologia é a ciência que estuda o escoamento e deformação dos materiais, e é considerada um dos instrumentos essenciais na caracterização dos produtos alimentares (Zhong & Daubert, 2013). A avaliação do comportamento reológico na indústria alimentar pode ser utilizada no controlo de qualidade e processo, na conceção das linhas de fabrico como também na obtenção de um produto consoante os critérios desejados pelo consumidor.

O comportamento reológico dos produtos dos produtos é representado por um módulo complexo (G^* em unidades Pa), sendo descrito através de dois parâmetros: o parâmetro G' (módulo elástico) corresponde à componente elástica do material ou à sua energia armazenada/conservada; o parâmetro G'' (módulo viscoso) caracteriza a parte imaginária que corresponde à energia dissipada (Sousa, 2001).

A avaliação do comportamento viscoelástico linear (teste de varrimento de tensões) é realizada através de ensaios fundamentais em regime oscilatório com variação controlada da tensão aplicada na amostra e os parâmetros de frequência e temperatura inalterados durante o ensaio (G' e G'' em função da tensão). Por norma, este teste é uns dos primeiros a ser efetuados quando se pretende avaliar o comportamento reológico de um alimento, pois permite averiguar a zona viscoelástica linear, ou seja, a zona em que a tensão utilizada não destrói a estrutura interna do produto (Sousa, 2001).

Ao contrário do teste referido anteriormente, o varrimento de frequência tem como função avaliar as modificações da estrutura interna do produto, a partir dos dados experimentais de G' e G'' em função da frequência, com tensão e temperatura constantes, produzindo o espectro mecânico. Nos ensaios de géis e emulsões alimentares são importantes, pois através do gráfico obtido (espectro mecânico) pode-se distinguir materiais com diferentes graus de estruturação (Sousa, 2001). A partir do espectro mecânico é possível caracterizar uma dispersão como: solução diluída, solução concentrada (sistema de redes entrelaçadas), gel fraco ou gel forte. Numa solução diluída, G'' é sempre maior que G' , enquanto que os sistemas de redes entrelaçadas mostram interseção entre as curvas G' e G'' , indicando tendência de comportamento como sólido a frequências mais elevadas. Em géis, o módulo elástico é sempre maior que o módulo viscoso, sendo que os módulos em géis fracos são dependentes da frequência e em géis fortes, não (Sousa, 2001).

2.9. Avaliação das propriedades de textura

De acordo com a ISO 5492 (2008), a textura pode ser definida como “o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detetáveis pelos recetores mecânicos e táteis e, eventualmente pelos recetores visuais e auditivos”. A textura é um dos fatores de qualidade dos produtos alimentares, pois é possível avaliar as diferenças que ocorrem ao longo do processamento e armazenamento dos produtos (Sousa, 2001).

De modo a caracterizar a textura são efetuados ensaios imitativos e empíricos com auxílio de um texturómetro. Este equipamento é constituído por dinamómetro que proporciona energia mecânica a uma velocidade constante ao longo do tempo ou distância definida. O resultado do teste realizado por este equipamento é um gráfico designado por texturograma, ou seja, uma curva força *versus* tempo (ou força *versus* distância), podendo ser calculados vários parâmetros dependendo do tipo de teste realizado (Sousa, 2001).

O teste de Análise de Perfil de Textura – TPA, também conhecido com teste das duas dentadas – *two bites*, no qual a sonda do texturómetro contacta duas vezes o material, em penetração ou em compressão, com um tempo de espera entre as duas ações. Este teste é considerado um ensaio imitativo pois pretende simular as deformações sofridas pelo alimento quando está a ser mastigado. Na Figura 5, está ilustrado um esquema de um texturograma do teste TPA.

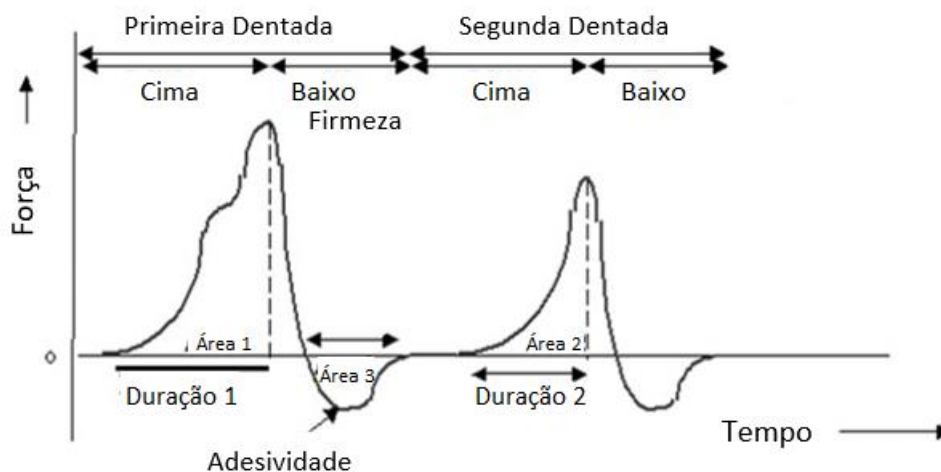


Figura 5- Texturograma obtido através de um teste de TPA.

Fonte: Adaptado de Banjare *et al.* (2015).

Os principais parâmetros que se podem extrair a partir deste texturograma são os seguintes (Sousa, 2001):

- Firmeza / Dureza (N): força máxima registada no primeiro ciclo de penetração/compressão, sendo que geralmente a dureza está relacionada com a força de rutura do material
- Coesividade: razão do trabalho realizado no segundo ciclo de deformação pelo trabalho realizado no primeiro ciclo (adimensional). Este parâmetro reflete a capacidade do material em voltar ao seu estado original após a primeira deformação. O valor de coesividade está entre o intervalo de]0-1[, quanto mais próximo de 1 mais o material tem facilidade em se reorganizar após um distúrbio físico.
- Adesividade (N.s): Corresponde à área negativa, dá-se pelo trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre o material e a superfície da sonda.

De modo a caracterizar a textura das massas cozidas, com auxílio do texturómetro, utilizam-se: o teste de corte, o de adesividade à superfície e o teste de extensibilidade.

O método oficial da AACC International para determinar a firmeza do esparguete é o método 66-50.01 (AACC International, 1999b), sendo este parâmetro avaliado através do corte da amostra com uma sonda em formato de lâmina. Neste método é analisada a força quando o alimento está a ser cortado (Faridi & Faubion, 1990), imitando a ação que ocorre quando o consumidor morde o alimento com os dentes. Para a execução do teste de corte, o diâmetro de um fio de massa deve ser medido com um paquímetro, e os fios de massa alimentícia colocadas adjacientemente na base da plataforma do texturómetro. O texturograma obtido pelo teste de corte está representado na Figura 6, sendo que a firmeza do produto é obtida pela força máxima do corte, correspondente à altura do pico observado.

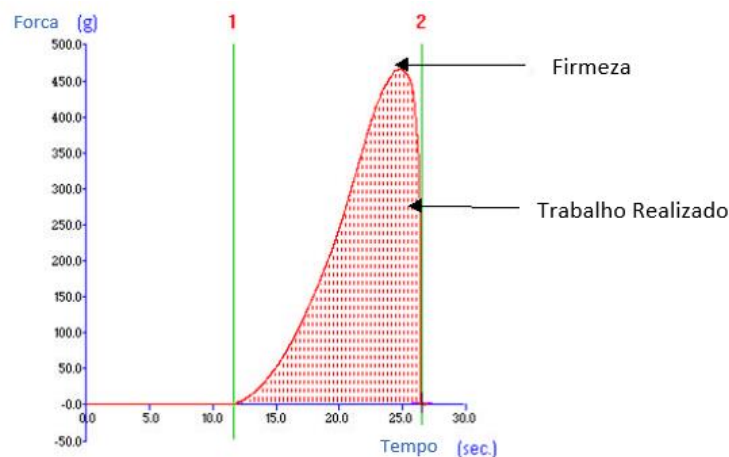


Figura 6- Texturograma obtido pelo teste de corte.

No método utilizado para determinar a adesividade à superfície, as amostras (fios de massa alimentícia) são posicionadas no centro de uma plataforma e é colocada na parte superior dos fios uma placa com um orifício suficientemente largo para deixar passar a sonda, cuja funcionalidade é não deixar que a amostra fique agarrada à sonda no momento de ascensão da sonda (Sousa, 2001). O parâmetro obtido neste teste é o trabalho necessário para separar a sonda da superfície da amostra, que traduz a força de adesão entre as duas superfícies em contacto. Geralmente, a adesividade à superfície não é apelativa para o consumidor, sendo também um fator indesejável durante a produção da maior parte dos produtos alimentares, pois podem ocorrer desperdícios do produto e também interrupções na linha de processamento. A adesividade à superfície da amostra a analisar é influenciada pela quantidade de água não absorvida associada à massa / massa cozida após a passagem por água e pela dureza da água (mole ou dura) (Smewing, 2016).

Na Figura 7 está representado um texturograma do teste de adesividade à superfície.

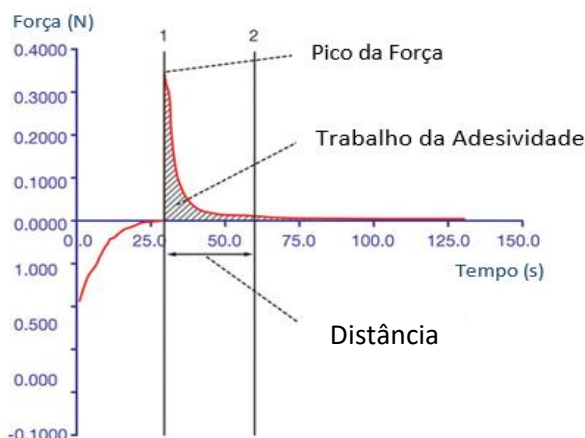


Figura 7- Texturograma obtido através do ensaio respetivo à determinação da adesividade à superfície.

O teste de extensibilidade seguido neste trabalho foi desenvolvido por Kieffer *et al.* (1998), para avaliar as propriedades de extensão da massa de pão associadas ao glúten. Na realização deste teste, aplicado às massas alimentícias, é possível determinar a força máxima (resistência à extensão) e a distância (extensibilidade) até à rutura, fornecendo parâmetros sobre a qualidade da massa alimentícia (Nash *et al.*, 2006). Na Figura 8 está apresentado um exemplo de um texturograma do teste de extensibilidade.

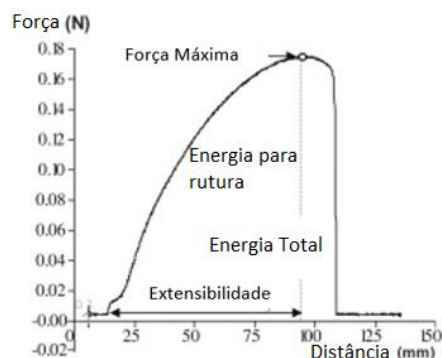


Figura 8- Texturograma obtido pelo teste de extensibilidade.

Fonte: Adaptado de Mariotti & Alamprese (2012)

2.10. Avaliação instrumental da cor

Um dos aspetos que mais afeta a aparência de um produto alimentar é a cor com que este é visualizado pelo ser humano, sendo este parâmetro importante durante a produção (exemplo: maturação de um fruto), no processamento, como também na escolha do consumidor no ato de compra. Quando a cor é favorável estimula o apetite e contribui em grande parte para a aprovação dos produtos (Zhu *et al.*, 2010).

O espaço físico das cores é baseado na teoria da percepção tricromática e descrito pelo sistema CIE (*Commision Internationale L'Eclairage*). Esta teoria é baseada na capacidade que o olho humano tem de reconstruir os estímulos coloridos graças à mistura de determinadas quantidades dos três estímulos fundamentais às luzes primárias cromáticas, o vermelho (700 nm), o verde (546 nm) e o azul (436 nm) (McDonald, 1997). O sistema de classificação de cor utilizado seguiu o sistema $L^*a^*b^*$. O espaço de cores encontra-se representado na Figura 9.

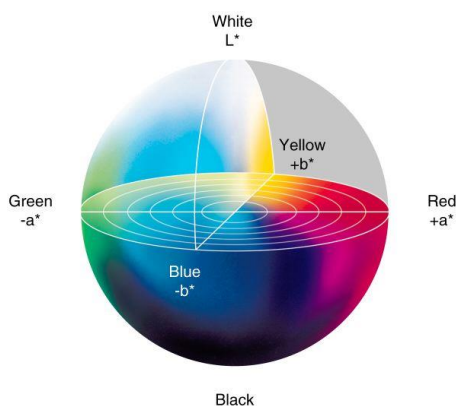


Figura 9- Espaço de cor CIELab.

Fonte: Frich (2015)

A luminosidade (L^*) está relacionada com o brilho que determinado objeto emite e assume valores compreendidos entre o 0 (preto) e o 100 (branco). Os parâmetros a^*

e b^* medem a cromaticidade, a componente a^* varia entre -60 (verde) e +60 (vermelho), enquanto a componente b^* está situada entre o -60 (azul) e o +60 (amarelo) (Pathare & Opara, 2013).

2.11. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são compostos que têm na sua estrutura um ou mais anéis aromáticos, com um ou mais substituinte hidroxilo, podendo ser monoméricos, oligoméricos ou poliméricos. Os compostos fenólicos têm sido maioritariamente identificados no reino vegetal, com mais de 8 000 estruturas detetadas, incluindo ácidos e aldeídos fenólicos, flavonóides e taninos (Balboa *et al.*, 2013).

Os flavonoides são o maior grupo de compostos fenólicos, apresentando uma estrutura típica constituída por dois anéis aromáticos ligados por uma cadeia de três carbonos ($C_6-C_3-C_6$). Os flavonoides podem ser divididos em diferentes subclasses tendo em conta o arranjo da cadeia e o seu nível de oxidação. Se o grupo C_3 se apresentar na forma de um anel pirânico, os flavonoides serão classificados como flavonois, flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavan-3-óis e antocianidinas. Se a cadeia C_3 se encontrar aberta, então passamos a outro grupo de compostos fenólicos que contém as calconas e as di-hidrocalconas (Balasundram *et al.*, 2006).

O ensaio colorimétrico em que é utilizado o reagente Folin-Ciocalteu para quantificar o teor de compostos fenólicos, é um método espectrofotométrico simples e baseia-se na interação das substâncias redutoras com o reagente de Folin. A composição química deste reagente inclui o ácido fosfotúngstico ($H_3PW_{12}O_{40}$) e ácido fosfomolibdico ($H_3PMo_{12}O_{40}$), que são reduzidos a partir dos extratos, sendo que a sua coloração original é amarela. Em meio com pH alcalino propicia que substâncias redutoras, como é o caso dos compostos fenólicos, dissociem um protão, levando à formação do anião fenolato. Este anião é capaz de reduzir o reagente de Folin-Ciocalteu formando óxido de tungsténio (W_8O_{23}) e óxido de molibdénio (Mo_8O_{23}). Estes óxidos possuem coloração azul que é detetável a 765 nm, possibilitando a quantificação dessas substâncias através da espectrofotometria (Huang *et al.*, 2005). Após um período de incubação a coloração final da reação será tanto mais azul quanto maior a quantidade de substâncias redutoras ou substâncias fenólicas. No entanto, o reagente de Folin-Ciocalteu não é específico para grupos fenólicos, sofrendo interferências de outras substâncias redutoras presentes na amostra, como ácido ascórbico, proteínas e açúcares redutores (Ikawa *et al.*, 2003).

No grande grupo das substâncias fenólicas, os flavonoides e os ácidos fenólicos são os antioxidantes fenólicos mais comuns de fontes naturais. Essas substâncias

apresentam-se amplamente distribuídas nas plantas, sendo encontradas em todas as frutas e outros organismos que realizam fotossíntese, nomeadamente as macroalgas. A estrutura química deste composto confere atividade redutora, que pode atuar ao libertar eletrões ou no sequestro de radicais livres (antioxidantes). Atualmente, o ensaio de Folin-Ciocalteu é um dos mais aceites e utilizados para avaliar a atividade indireta do potencial antioxidante de uma amostra, utilizando como princípio a medição o poder redutor em extratos vegetais (Karakaya, 2004).

2.12. Avaliação da atividade antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante de extratos naturais ou de produtos processados pode ser facilmente obtida por métodos espectralométricos. Atualmente, vários ensaios *in vitro* têm sido usados para medir a atividade antioxidante, tais como, ORAC (*oxygen radical absorbance capacity*), TRAP (*total radical-trapping antioxidant parameter*), FRAP (*ferric reducing antioxidant power*), ABTS (*2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6 sulfonic acid)*), DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) (Alves, 2010).

De entre os métodos mencionados, os ensaios de captura de radicais livres DPPH e ABTS utilizam radicais estáveis e a deteção do ponto final realiza-se por absorvância, sendo muito aplicados na determinação da atividade antioxidante de alimentos, bebidas e de plasma (Lu & Foo, 2000).

O ensaio DPPH consiste na redução do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH[•]) pela amostra em estudo. Este método é simples, na teoria de que um dador de hidrogénio é um antioxidante, e bastante sensível pois exige a atenção a alguns parâmetros, como por exemplo, a exposição à luz, ao oxigénio, o pH e o tipo de solvente (Ozcelik, 2003). A molécula de DPPH[•] é caracterizada como sendo um radical livre estável. Esta molécula apresenta uma coloração violeta que se deve à deslocação do eletrão desemparelhado ao longo de toda a molécula, com um máximo de absorção UV a 515 nm. A medição da atividade antioxidante é feita quando ocorre a redução do DPPH[•], no qual um antioxidante doa um hidrogénio, havendo mudança na coloração violeta para amarelo pálido. Esta reação apresenta estequiometria, de 1 para 1, em relação ao número de átomos de hidrogénio absorvidos (Moon & Shibamoto, 2009).

Assim como o DPPH, o radical livre ABTS apresenta estabilidade em determinadas condições de análise. No entanto, enquanto que o radical DPPH já se encontra pronto para uso e é solúvel em solventes orgânicos, o ABTS[•] necessita de ser formado por reações químicas (como o persulfato de potássio) ou enzimáticas, sendo

este solúvel tanto em solventes orgânicos como em água, permitindo a análise de amostras lipofílicas como hidrofílicas (Arnao, 2000).

Por meio da adição de persulfato de potássio ocorre a formação do radical ABTS[•] que apresenta cor esverdeada. Quando existe contacto entre o antioxidante e esse radical, ocorre a redução do ABTS[•] a ABTS, provocando a perda da coloração do meio reacional consoante a quantidade de compostos redutores presentes na solução em análise. O ABTS[•] pode ser determinado espectrofotometricamente, tendo forte absorção no intervalo de 600-750 nm (Kuskoski *et al.*, 2005).

3. Materiais e métodos

3.1. Materiais

Na preparação das massas alimentícias foram utilizados os seguintes ingredientes, cuja funcionalidade seria o enriquecimento nutricional e sensorial da massa elaborada a partir de farinha de arroz: Extratos líquido de casca de batata, extrato líquido da macroalga *Laminaria ochroleuca* e a sua utilização na forma desidratada (Algamar, Pazos de Borbén, Espanha). Os extratos líquidos (licores) utilizados neste trabalho foram obtidos por autohidrólise num trabalho paralelo de doutoramento (Fradinho *et al.*, 2019). Este processo ambientalmente sustentável está descrito como gerador de novos compostos com atividade antioxidante (Plaza *et al.*, 2010).

Foram também utilizados a farinha de arroz (Ceifeira, lote 3411/2018), *Psyllium* em pó com uma granulometria de 0,160-0,315 mm (Solgar, lote 107028-01), e água destilada. A composição nutricional da farinha de arroz, do *Psyllium* e da *Laminaria ochroleuca* desidratada utilizados, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1- Composição nutricional da farinha de arroz, *Psyllium* e da macroalga utilizado no estudo.

Composição nutricional por 100 g de produto	Proteínas (g)	Hidratos de carbono (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)	Cinza (g)
Farinha de arroz *	7,6	78,5	0,7	-	-
<i>Psyllium</i> **	1,38	-	0,95	71,42	-
<i>Laminaria ochroleuca</i> (em base seca) ***	9,21	-	-	-	35,01

*Fonte: embalagem

**Fonte: Raymundo *et al.*, 2014

***Fonte: Fradinho *et al.*, 2019

3.2. Métodos

3.2.1. Preparação da massa alimentícia

A formulação utilizada na elaboração das massas sem glúten teve como base os estudos de otimização realizados por Soares (2018) e Fradinho *et al.*, 2019. A formulação ideal para a elaboração de massas sem glúten, com auxílio do *Psyllium*, foi atingida nas seguintes condições: 50 % de farinha de arroz em peso seco do total de produtos necessários na etapa de mistura, mais 50 % de gel *Psyllium* (4 % m/m, em peso seco).

A preparação do gel de *Psyllium* inicia-se com a pesagem da água, com auxílio de uma balança semi-analítica (Denver Instrument Company, TC-403) e aquecimento até aos 40 °C. De seguida, o pó de *Psyllium* é adicionado gradualmente com agitação mecânica de pás (Eurostar digital, Ika Labortechnik, Alemanha) a 300 rpm, durante 10 min, de modo a evitar a formação de grumos. É colocada uma folha de alumínio no topo do copo de modo a prevenir perdas de água por evaporação.

A única alteração na elaboração das diferentes massas alimentícias prende-se na preparação da outra metade dos ingredientes para além da farinha de arroz, que corresponde a 50 % em peso seco do total de produtos necessários na etapa de mistura. Na Tabela 2, estão apresentadas as percentagens utilizadas na outra metade da formulação, que corresponde aos componentes que formam o gel.

Tabela 2- Composição dos géis para as diferentes massas em estudo.

	Composição de gel de <i>Psyllium</i>	Quantidade de farinha de arroz (% m/m)
Massa Controlo	Água + 4 % <i>Psyllium</i> em base seca;	50
Massa com incorporação de licor da macroalga (LL)	Licor <i>Laminaria</i> + 4% <i>Psyllium</i> em base seca;	
Massa com incorporação de macroalga desidratada (P)*	75% gel de <i>Psyllium</i> (igual à Massa Controlo) + 25% puré (dos quais 80% água e 20% de pó de <i>Laminaria</i> em base seca)	
Massa com incorporação de licor de casca de batata (LB)	Licor casca de batata + 4% <i>Psyllium</i> em base seca;	

* As duas frações foram realizadas em separado e só juntas na etapa de mistura.

A etapa de mistura é realizada no robô de cozinha Bimby (Vorwerk, Alemanha) amassando na velocidade espiga durante 2 min e na velocidade 4 durante 1 min. De seguida, a massa foi moldada manualmente e colocada na estufa a 25°C (WTC Binder, Alemanha) durante 15 minutos. Após esta etapa de repouso, a massa foi laminada e

cortada em forma de *tagliatelle* numa máquina de bancada para massas (Atlas 150 Wellness, Marcato, Itália).

As massas cruas e cozidas foram liofilizadas com auxílio do Liofilizador Scanvac Coolsafe 55-4 (Dinamarca). A liofilização é um método de secagem, que retira a humidade contida na amostra, através do congelamento da parte líquida e posterior sublimação do gelo, e assim prolongar o tempo de conservação para as determinações de ordem química. Seguidamente foram trituradas num moinho, e crivadas para ficar com um diâmetro inferior a 0,5 mm. As amostras obtidas foram armazenadas em recipientes de plástico, devidamente identificados e protegidos da luz e da humidade.

3.2.2. Parâmetros de qualidade de cozedura

Os parâmetros de qualidade da cozedura indicados para o estudo do comportamento de massas são: o tempo ótimo de cozedura, o índice de inchamento, a perda de sólidos totais e a absorção de água. Apesar de serem métodos empíricos são bastante utilizados por diversos autores para comparar o efeito da etapa de cozedura nas massas (Fradinho *et al.*, 2015).

a) Tempo ótimo de cozedura

Para determinar o tempo ótimo de cozedura foram cozidos 5 fios da formulação controlo em água destilada em ebulição. Ao fim de cada minuto foi retirado um fio da massa e colocado entre duas lâminas de vidro com posterior avaliação do aspeto da massa (*tagliatelle*). Esta avaliação consistia em examinar a consistência da massa (Marti *et al.*, 2010).

b) Índice de inchamento

O índice de inchamento foi realizado de acordo com o método utilizado por AACC 66–50.01 (AACC International, 1999b), pesando a placa de Petri e 10 g de massa. A massa foi cozida durante o tempo ótimo de cozedura em 100 mL de água num copo de 250 mL. Depois da cozedura, a amostra foi retirada da água e pesada, para de seguida ser colocada na estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$, durante a noite até a massa ficar com um peso constante (Padalino *et al.*, 2013). Pode ser calculado através da Equação 1.

$$\text{Índice de inchamento (mL/g)} = \frac{\rho_{\text{água}} \times V_{\text{água absorvida no cozimento}}}{m_{\text{amostra seca}}} \quad \text{Equação 1}$$

c) Perda de sólidos totais

A determinação da perda de sólidos totais foi realizada através da evaporação da água resultante do cozimento da massa numa estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Pesou-se o copo de 250 mL vazio e copo depois de sair da estufa (até peso constante). Neste copo onde

a água será submetida à evaporação, foram cozidos 10 g da massa no tempo ótimo de cozedura e depois retirada a massa (Zhu *et al.*, 2010). A perda de sólidos totais é calculada pela seguinte Equação 2:

$$\text{Perda de sólidos totais} = \frac{m_{\text{resíduo após evaporação}}}{m_{\text{amostra}}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

d) Absorção de água

A análise de absorção de água foi realizada através da pesagem de uma amostra de massa conhecida (5 grama) e o cozimento desta no seu tempo ótimo de cozedura. Seguidamente efetua-se o escorrimento da massa com água destilada e pesa-se (Zhu *et al.*, 2010). O cálculo de absorção de água é expresso pela Equação 3:

$$\text{Absorção de água} = \frac{m_{\text{amostra cozida}} - m_{\text{amostra crua}}}{m_{\text{amostra crua}}} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

3.2.3. Avaliação da cor

A cor das massas, antes e depois de serem cozidas, foi determinada com auxílio de um colorímetro (Minolta CR400, Japão) com o iluminante padrão D65 e um ângulo visual de 2° na superfície das amostras a analisar. De modo a avaliar a alteração da cor da massa após a etapa de cozedura, procedeu-se ao cálculo da diferença total de cor (ΔE^*), através da Equação 4 (Pathare & Opara, 2013). Foram efetuadas 9 réplicas para cada amostra.

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde: $\Delta L^* = L^*_{\text{amostra crua}} - L^*_{\text{amostra cozida}}$; $\Delta a^* = a^*_{\text{amostra crua}} - a^*_{\text{amostra cozida}}$; $\Delta b^* = b^*_{\text{amostra crua}} - b^*_{\text{amostra cozida}}$.

Os valores de maior que 5, significa que as diferenças de cor são visíveis a olho nu (Castellar *et al.*, 2006).

3.2.4. Avaliação da textura

A textura das massas alimentícias foi avaliada num texturómetro TA.XTplus (Stable Micro Systems, Reino Unido), com uma célula de carga de 5 kg, a temperatura controlada de $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Os testes realizados (Figura 9) foram: a) teste de análise de perfil de textura (TPA); b) teste de corte; c) adesividade à superfície e d) extensibilidade.

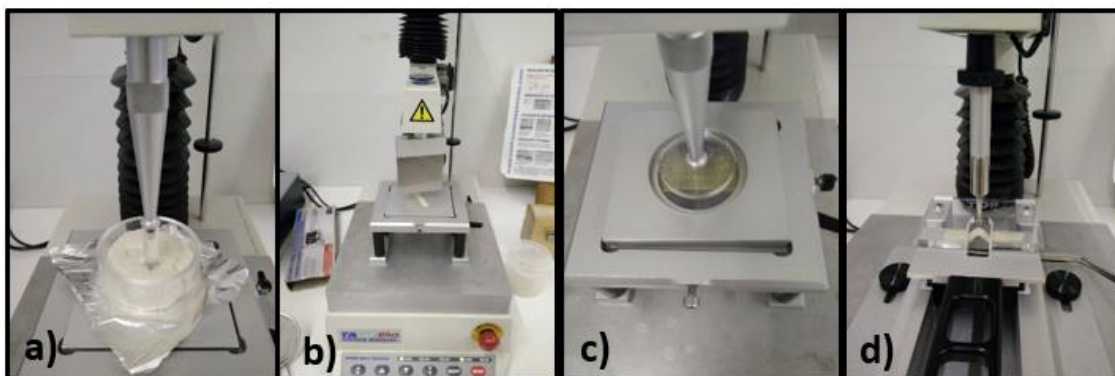


Figura 10- Testes realizados no texturômetro: a) Análise de Perfil de Textura (TPA); b) Teste de Corte; c) Adesividade à Superfície (*stickiness*) e d) Teste de Extensibilidade.

De modo a realizar a avaliação da textura (exceto no ensaio do TPA) as massas foram cozidas em água em ebulição durante o tempo ótimo de cozedura (2 min), numa proporção de 1:10, seguidamente arrefecidas com água destilada e deixadas escorrer.

a) Análise de perfil de textura (TPA)

Para a realização do teste de TPA nas amostras utilizou-se uma sonda cilíndrica de acrílico P/10L (10 mm de diâmetro) que penetrou as amostras 8 mm a uma velocidade de 1 mm.s⁻¹. O tempo de intervalo entre os dois ciclos foi de 5 s.

De cada formulação do estudo, pesaram-se aproximadamente 65 g de massa crua para três cilindros acrílicos, cuja dimensão é de 3 cm de altura com diâmetro interno de 5 cm. Foram realizados três ensaios em cada aro acrílico, num total de 9 réplicas. Obtiveram-se texturogramas força *versus* tempo, retirando-se os parâmetros firmeza (N), adesividade (-N.s) e coesividade.

b) Teste de corte

Para o teste de corte, utilizou-se o método AACC 66-50.01 (AACC International, 1999b) e a sonda utilizada foi a HDP/BSG, a uma velocidade de 1 mm.s⁻¹, determinou-se a espessura da massa alimentícia com um paquímetro digital (Powerfix), aproximadamente 2 mm. Efetuaram-se entre 9 a 12 réplicas de cada amostra.

O teste consiste no corte de três fios de massa até à distância previamente delimitada. A partir dos texturogramas de força *versus* tempo retirou-se o parâmetro da firmeza (N).

c) Adesividade à superfície

Para este teste utilizou-se a sonda acrílica P/60L (60 mm de diâmetro), que comprimiu a amostra (três fios da formulação a analisar) durante 2 s, a uma velocidade de 1 mm.s^{-1} . Efetuaram-se 8 réplicas para cada amostra. A partir dos texturogramas força *versus* tempo foi retirado o parâmetro da adesividade à superfície (N) (Cauvain & Young, 2009).

d) Teste de extensibilidade

Neste teste foi utilizada a sonda A/KIE (*Kieffer Extensibility Rig*) para avaliar a extensibilidade da massa alimentícia. A velocidade utilizada foi de 1 mm.s^{-1} . Os parâmetros a analisar a partir dos texturogramas força *versus* distância foram a força máxima (N) que representa a resistência do fio de massa à rutura, e a extensibilidade (mm) que é distância percorrida até ao começo da rutura (Nash *et al.*, 2006).

3.2.5. Avaliação do comportamento viscoelástico das massas

A realização da avaliação do comportamento reológico da massa crua (teste de varrimento de tensão e testes de varrimento de frequência) procedeu-se antes do corte da massa em *tagliatelle*, de modo a não danificar a estrutura interna da massa com a etapa de corte. Para a análise do seu comportamento reológico após a cozedura, foram moldados discos com 2 mm de espessura e 30 mm de diâmetro, que foram cozidos no tempo ótimo de cozedura (2 min). Para a análise da massa crua foram moldados discos com os mesmos parâmetros.

Para a avaliação do comportamento reológico das massas cruas e cozidas, foi utilizado um reómetro de tensão controlada MARS III (Haake, Alemanha), acoplado com um sistema Peltier para controlo da temperatura. Todos os testes foram realizados numa sala a $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Utilizou-se um sistema sensor de pratos paralelos serrados (PP20 – 20 mm Ø) com 2 mm de intervalo entre pratos (*gap*), para as massas alimentícias.

Ambas as massas (crua e cozida) foram caracterizadas em termos reológicos através dos testes de varrimento de tensão e por testes varrimento de frequência, onde foram obtidos os espetros mecânicos da estrutura interna da amostra.

O varrimento de tensão para a massa tem como objetivo determinar a zona viscoelástica linear, de modo a definir a tensão oscilatória a utilizar na realização dos testes de varrimento de frequência. Este teste foi elaborado a uma frequência de 1 Hz, e o varrimento de tensão varia entre 0,001 e 1000 Pa.

No varrimento de frequência, a uma tensão constante (contida na zona de viscoelasticidade linear) tem como objetivo observar as variações dos módulos

viscoelásticos G' e G'' em função da frequência de cada amostra. Os testes de varrimento de frequência foram realizados pelo menos em triplicado para cada massa em análise.

3.2.6. Determinação do teor humidade

A determinação da humidade das amostras de farinha de arroz, *Psyllium* e pó de *Laminaria* (ingredientes utilizados na formulação das massas) foi realizada numa balança analisadora de humidade (PMB202, Adam) a 130°C.

De modo a determinar o teor de humidade das massas cruas e cozidas e das respetivas massas liofilizadas foi utilizado o método descrito por AACCI 44-15.02 (AACC International, 1999a), em que uma quantidade de amostra conhecida foi colocada em cadinhos previamente tarados. De seguida, são inseridos numa estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até a massa ficar com um peso constante. A partir da Equação 5 é possível determinar o teor de humidade presente nas massas. Esta indicação é essencial para obter resultados comparáveis, em base seca, para as determinações abordadas em seguida.

Os valores de humidade foram obtidos com um mínimo de três réplicas.

$$\text{Teor de humidade (\%)} = \frac{m_{\text{amostra}} - m_{\text{amostra pós estufa}}}{m_{\text{amostra}}} \times 100 \quad \text{Equação 5}$$

3.2.7. Determinação do teor proteico

Avaliou-se o teor proteico das massas cruas como das cozidas. A análise do teor de proteínas de todas as amostras foi efetuada pelo método de Kjeldhal, acordo com o método descrito na ISO 20483 (2013), usando 5,95 como fator de conversão do teor de N em proteína (FAO, 2003).

As amostras foram pesadas na balança de precisão eletrónica (ABT 100-5NM, KERN) e passaram pelo processo de mineralização, destilação e titulação com uma solução de HCl 0,5 N. O teor de proteína foi calculado através da Equação 6. Foram realizadas 2 réplicas para cada amostra.

$$\text{Proteína Total} = \frac{(V_{\text{HCl amostra}} - V_{\text{HCl branco}}) \times N \times 1,4 \times 5,95}{m} \quad \text{Equação 6}$$

Onde: $V_{\text{HCl amostra}}$ e $V_{\text{HCl branco}}$ correspondem ao volume (mL) de titulante gasto para titular a amostra e o branco, respetivamente;

N é a normalidade da solução titulante de HCl ; F é o fator de conversão azoto-proteína e m é a massa da amostra (g).

3.2.8. Determinação do teor de lípidos totais

A determinação do teor de lípidos totais foi realizada através do método de Soxhlet descrito na Norma Portuguesa NP4168 (1991). Primeiro é realizado um pré-tratamento da amostra da amostra por hidrólise com ácido clorídrico 70 % (v/v), na presença de etanol 96 % e de ácido fórmico 99 %, seguida de uma extração no Soxhlet com n-Hexano 96 % durante 4 h. Por fim, procedeu-se à evaporação do solvente num evaporador rotativo (Büchi, Rotavapor R-200, Suíça), com posterior secagem e pesagem. O teor de gordura total é calculado através da Equação 7. Foram realizadas três réplicas para cada amostra.

$$\text{Lípidos Totais (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1} \times 100 \quad \text{Equação 7}$$

O parâmetro m_0 é o peso da amostra, m_1 é o peso do balão e m_2 é o peso final do balão e amostra.

3.2.9. Determinação do teor de cinza

A determinação de cinza foi determinada com base na Norma Portuguesa 518 (1986). Foram pesados 2,5 g da amostra a analisar que se transferiram para cadinhos previamente calcinados (submetidos à queima na mufla), arrefecidos e pesados. Após a distribuição uniforme das amostras nos cadinhos, estas foram incineradas a 550 °C até apresentarem um peso constante. O cálculo da cinza encontra-se na Equação 8. Foram realizadas três réplicas para cada amostra.

$$\text{Teor de Cinza (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1} \times 100 \quad \text{Equação 8}$$

Onde: m_0 é a massa do cadinho (g); m_1 é a massa da toma (g); m é a massa do cadinho mais cinza (g).

3.2.10. Determinação do teor de fibra

A determinação da fibra, realizada na massa crua e cozida, seguiu o método AOAC 991.43 (1994). No entanto, de modo a otimizar o processo de filtração, foi realizada uma etapa de centrifugação prévia à filtração descrita no método AOAC 985.29 (1986). A primeira etapa de preparação da amostra e digestão decorreu num copo com 1 g de amostra liofilizada dissolvida em 40 mL de tampão MES-TRIS. De seguida foi adicionada, em diferentes etapas, a α -amilase, protease e finalmente amiloglucosidase, com a temperatura de incubação controlada (100°C, 60°C e 60°C, respetivamente).

O produto final após a digestão foi submetido a um processo de centrifugação, de modo a facilitar o processo de filtração na etapa seguinte. Após a primeira filtração o sedimentado presente no cadinho representa uma mistura de fibra insolúvel, proteína e cinza. O volume filtrado, que contém a fibra solúvel, é submetido a um processo de sedimentação durante uma hora com etanol 95 % (v/v) a 60 °C. Após esta etapa, o líquido é novamente filtrado, de modo a se obter a massa correspondente à fibra solúvel que também terá a interferência de resíduos de proteína e cinza. Para a determinação do teor de cinza nestas amostras utilizou-se o mesmo método descrito anteriormente, no entanto, para a determinação do teor proteico, procedeu-se a duas modificações: o fator de conversão utilizado foi de 6,25 e a foi utilizada na titulação uma concentração de HCl de 0,05 N.

Através da determinação da proteína e da cinza presentes no sedimentado de ambas as filtrações, o cálculo da fibra solúvel e insolúvel é calculado através da Equação 9. A determinação do teor de fibra total consiste no somatório das duas frações de fibra. Foram realizadas quatro réplicas para cada amostra.

$$\text{Teor de fibra solúvel ou insolúvel (\%)} = \frac{(R-P-C-B)}{m} \times 100 \quad \text{Equação 9}$$

Onde: R- Resíduo do sobrenadante; P- Proteína; C- Cinza; B- Branco; m- massa da amostra.

3.2.11. Determinação de compostos fenólicos e atividade antioxidante

De modo a determinar a quantidade de compostos bioativos e a consequente análise da atividade antioxidante, foi necessário efetuar uma extração dos compostos para posterior quantificação.

A extração foi realizada de acordo com Sant'Anna *et al.* (2012). O processo inicia-se com a adição de 50 mL etanol 50% (v/v) ao gobelé contendo a amostra (1 g) de massa liofilizada e triturada. De seguida, o gobelé é colocado numa placa de aquecimento e agitação durante 1 h hora à temperatura de 60 °C, de modo a proporcionar a mistura e extração dos compostos de interesse. Decorrido esse tempo, as amostras foram filtradas utilizando filtros Whatman nº1 e armazenadas num recipiente em frio (4 °C), até ser necessária a sua utilização.

Estas análises tiveram como uso comum o espectrofotómetro Unicam UV 4-100 (Inglaterra), tendo sido efetuadas pelo menos 3 repetições de cada amostra, bem como a realização de um ensaio em branco (sem amostra). A massa controlo foi utilizada para ambas as determinações.

a) Determinação de compostos fenólicos

A determinação de compostos fenólicos a partir dos extratos foi determinado pelo método Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). Devido a diferenças no tipo de compostos fenólicos presentes no licor da casaca de batata e dos presentes na macroalga *L. ochroleuca*, o método de quantificação é diferente para os dois casos.

No caso da massa onde está presente o licor de casaca de batata, o método consiste em adicionar num tubo 250 µL de amostra, 1875 µL de água destilada, 125 µL de reagente de Folin e 250 µL de carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 10% (m/v). A reação deve ser agitada, sendo depois incubado, ao abrigo de luz durante 1 h à temperatura ambiente. De seguida é medida a absorvância a um comprimento de onda de 765 nm. O ácido gálico é utilizado como padrão para a curva de calibração (gama de concentrações em mg/L: 0; 20; 50; 60; 80; 100; 120).

No caso das massas que possuem a macroalga, o método baseia-se na adição para um tubo de 1 mL de amostra, 1 mL de reagente de Folin e após 3 min a adição de 2 mL Na_2CO_3 20 % (m/v). A solução é de seguida agitada e é colocada num ambiente escuro durante 45 min, à temperatura ambiente. Após essa duração e antes de se proceder à leitura, a solução é colocada na centrífuga (Hermle Z383K, Alemanha) durante 8 min a 1600 xg. A leitura da absorvância é realizada a 730 nm. O floroglucinol foi usado como padrão para a curva de calibração (gama de concentrações em mg/L: 0; 0,01; 0,015; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05).

b) Determinação da atividade antioxidante

Os extratos de cada tipo de massa foram submetidos a avaliação do potencial antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS.

A atividade antioxidante dos extratos pode ser avaliada através da sua capacidade de redução do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e determinada pela adaptação do método Pereira *et al.* (2013), com algumas modificações.

Inicialmente começa-se por preparar o reagente DPPH. A solução-mãe é preparada a partir da diluição de 0,0147 g de DPPH em 25 mL de etanol 96 % (v/v), sendo que esta é armazenada a -18 °C. A solução de trabalho, aquela que vai ser usada nos ensaios é preparada diariamente, diluindo 1 mL de solução-mãe em 25 mL de etanol 96 % (v/v).

Para a determinação da atividade antioxidante, utilizando este método, é adicionado a cada tubo 75 µL amostra de extrato com 3000 µL de solução de trabalho. Para cada amostra são medidas as absorvâncias de mais dois tubos, um contendo 75 µL de amostra mais 3000 µL de etanol 96 %, de modo a analisar a influencia da cor da amostra, e outro com 75 mL etanol 50% (solvente utilizado para a formação dos

extratos) com 3000 µL de solução de trabalho, para avaliar a possível existência de reação do ensaio em branco (sem amostra). Após agitação, os tubos são incubados à temperatura ambiente num local escuro, durante 16 min. Decorrido esse período, procede-se à leitura da absorvância num espectrofotômetro, feita para um comprimento de onda de 515 nm. A reta de calibração foi elaborada através do poder de redução do Trolox em relação ao DPPH. Todas as leituras foram realizadas em triplicado, e os resultados foram expressos em mmol de Trolox por grama de amostra em base seca.

Outro método para determinar a atividade antioxidante de uma substância pode ser feita através da capacidade de redução do radical 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS). Para a determinação da atividade antioxidante pelo método do radical ABTS, usou-se a metodologia descrita por Re *et al.* (1999). O primeiro passo foi preparar a solução tampão através da mistura de 8 g de cloreto de sódio, 0,2 g de fosfato de potássio, 1,15 g de fosfato de sódio, 0,2 g de cloreto de potássio, 0,2 g de azida de sódio e como solvente água destilada até perfazer 1L. A partir da reação de 96 mg de ABTS 7 mM com 16,55 mg de persulfato de potássio 2,45 mM em 25 mL de solução tampão, os quais foram incubados em agitação à temperatura ambiente e na ausência de luz durante 16 h, é formado o reagente ABTS.

Transcorrido esse tempo, a solução foi diluída em solução tampão até a obtenção de uma solução com absorvância de 0,70 ($\pm 0,01$) (reagente de trabalho). Para realizar as análises, foram adicionados 30 µL da amostra diluída a 3000 µL da solução contendo o radical e determinou-se a absorvância em espectrofotômetro a 734 nm, após 6 min de reação a 30 °C. Como acontece no método DPPH, para cada amostra são medidas mais duas absorvâncias, uma referente ao branco (sem amostra) e outra referente à influência da própria cor na leitura da absorvância (Absorvância da amostra mais tampão PBS).

A reta de calibração foi elaborada através do poder de redução do antioxidante sintético Trolox. Todas as leituras foram realizadas em triplicado, e os resultados foram expressos em mmol de Trolox por grama de amostra em base seca.

3.2.12. Métodos estatísticos

A análise estatística dos resultados foi realizada no programa do *OriginPro8* (versão 8.0724, Estados Unidos da América), no qual se efetuou a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey para comparação das médias. Os resultados das análises foram calculados com um nível de significância de 95% ($p < 0.05$).

4. Resultados e discussão

Tendo em conta as metodologias descritas no capítulo 3 obtiveram-se os resultados expostos neste capítulo. Os resultados estão apresentados nas seguintes etapas:

- Avaliação dos parâmetros de qualidade de cozedura;
- Avaliação da cor das massas cruas e cozidas;
- Avaliação da textura (Teste TPA, corte, adesividade à superfície e extensibilidade);
- Caracterização reológica das massas;
- Composição química das massas (humidade; teor proteico, lípidos totais, cinza e fibra);
- Avaliação do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante;

4.1. Avaliação dos parâmetros de qualidade de cozedura

Na Figura 10 encontram-se os resultados obtidos para a perda de sólidos totais, índice de inchamento e absorção de água, para as quatro massas alimentícias elaborados neste estudo.

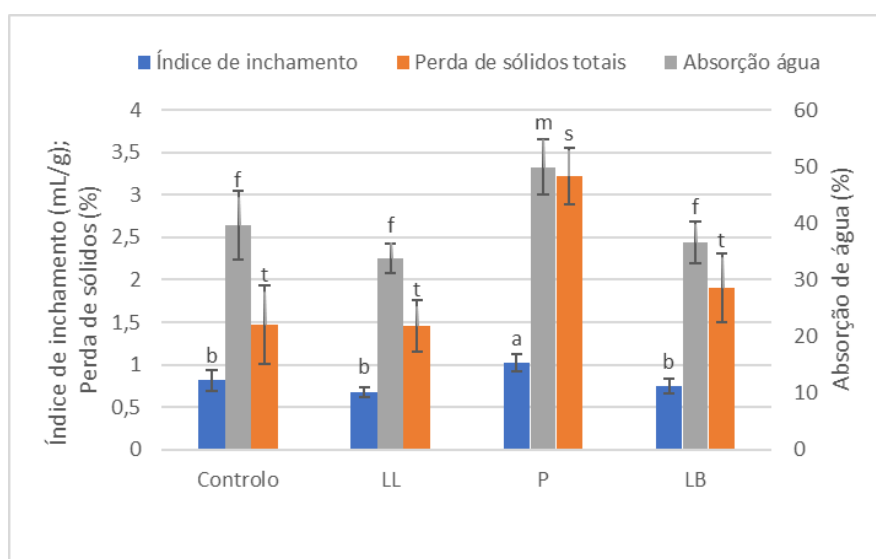


Figura 10- Parâmetros de qualidade de cozedura das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).

*Letras minúsculas diferentes localizada acima da barra representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Nos três parâmetros utilizados para avaliar a qualidade de cozedura das massas em estudo, existe um aumento significativo ($p < 0,05$) nos valores apresentados para a massa P (com adição de *Laminaria* desidratada) em relação às outras massas, que

entre si não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$). Este facto deve-se à diferença que existe na formulação da massa P. Ao contrário do que acontece com as restantes massas, a quantidade de *Psyllium* utilizada na formulação é menor pois, em vez da quantidade de *Psyllium* adicionada (4 % em base seca) ser reportada a 50 % da formulação, no caso da massa P a mesma fração do aditivo é adicionada para 37,5 % da formulação. Apesar do puré da macroalga ter capacidade de aumentar a consistência, não é suficiente para colmatar a falta do *Psyllium*. A massa apresenta assim uma consistência mais quebradiça provocando um maior número de perdas de sólidos na etapa de cozedura.

A razão pela qual também se verificou um aumento no índice de inchamento e da absorção da água deriva do facto que a macroalga utilizada nesta formulação é adicionada na sua forma desidrata. A massa apresenta assim, uma maior quantidade de matéria orgânica, nomeadamente fibra (evidenciado no capítulo 4.5.). Um maior teor de matéria orgânica num composto possibilita que o mesmo seja capaz de reter uma maior quantidade de água devido à afinidade da matéria orgânica por água (Bot & Benites, 2005). Dependendo do tipo das macroalgas, as fibras presentes na sua composição podem ligar até 20 vezes o seu peso em água (Borderías *et al.*, 2005).

4.2. Avaliação da cor das massas

Os resultados obtidos para os parâmetros L^* , a^* , b^* e ΔE^* , para as massas em análise encontram-se expostos na Tabela 3.

Tabela 3- Parâmetros da cor (L^* , a^* e b^*) das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata), com respetivo valor de ΔE^* .

		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Massa Controlo	Crua	66,69 \pm 0,40	-0,14 \pm 0,07	5,92 \pm 0,37	16,15
	Cozida	82,51 \pm 0,40	1,08 \pm 0,08	8,92 \pm 0,21	
Massa LL	Crua	69,42 \pm 0,49	6,51 \pm 0,17	25,29 \pm 0,41	15,33
	Cozida	66,62 \pm 0,54	1,29 \pm 0,07	11,15 \pm 0,37	
Massa P	Crua	67,43 \pm 0,29	-0,61 \pm 0,07	12,45 \pm 0,18	12,75
	Cozida	54,77 \pm 0,47	0,29 \pm 0,11	11,26 \pm 0,27	
Massa LB	Crua	69,42 \pm 0,49	6,51 \pm 0,17	25,29 \pm 0,41	20,63
	Cozida	50,65 \pm 0,65	7,58 \pm 0,21	16,82 \pm 0,59	

Uma vez que as formulações das massas em estudo são diferentes, os parâmetros L^* , a^* e b^* irão ter valores diferentes, não se justificando a análise comparativa entre as massas Controlo, LL, P e LB. No entanto, vale a pena salientar que a massa LB foi aquela que, em termos visuais, apresentou uma cor mais diferente

da massa Controlo, com tom de castanho “avelã” presente uniformemente em toda a massa.

Na tabela 3 está apresentado o ΔE^* (diferença total de cores) das massas. Verifica-se que todos os valores de ΔE^* são superiores a 5, o que significa que a diferença de cor entre as massas é visível a olho nu (Castellar *et al.*, 2006). Devido aos principais pigmentos responsáveis pela cor da macroalga e da batata, fucoxantina e β -caroteno respetivamente, possuírem carácter hidrofílico, existe difusão de pigmentos para a água de cozedura. Além da difusão dos pigmentos para a água de cozedura, as alterações da cor podem estar associadas à reação de oxidação dos pigmentos durante o tratamento térmico.

De seguida, estão apresentadas na Figura 11 fotografias das massas elaboradas.

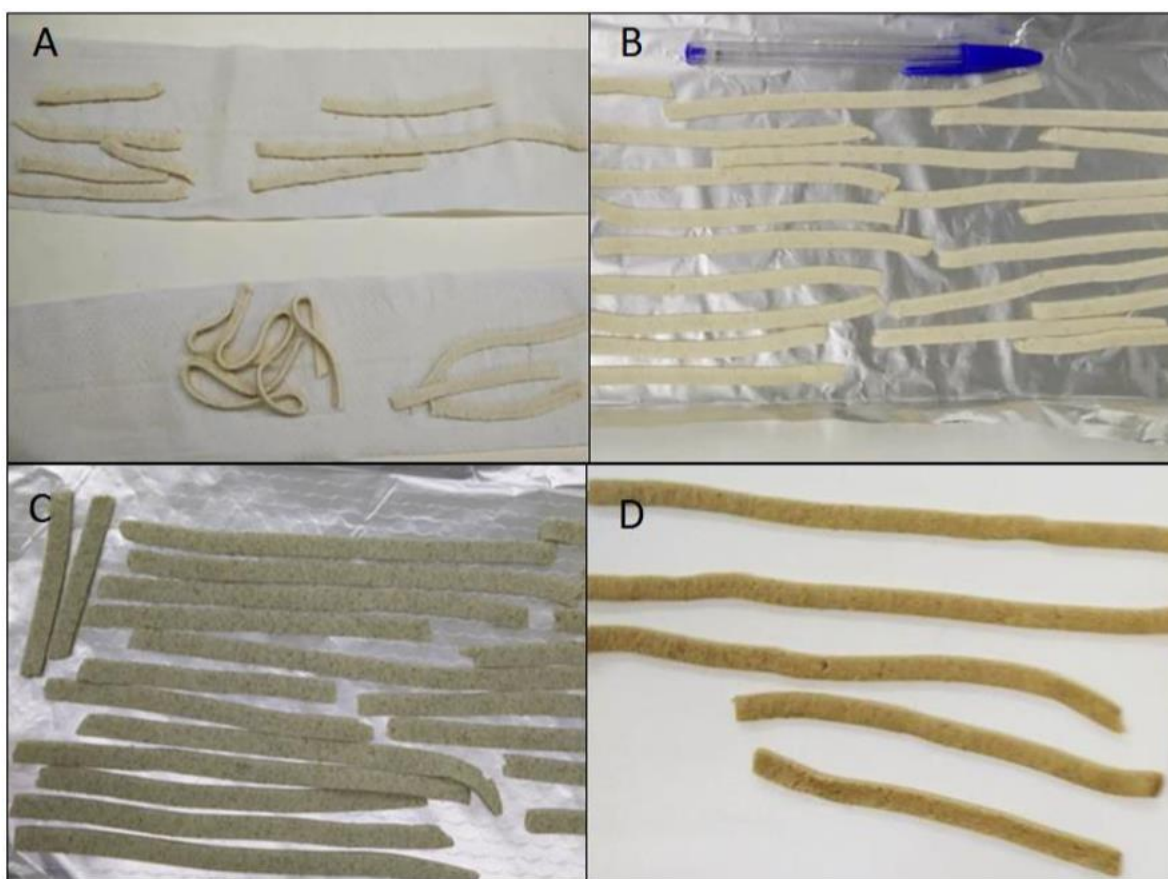


Figura 11- Massas apresentadas em forma de *tagliatelle*: **A**- Massa Controlo; **B**- Massa LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*); **C**- Massa P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada); **D**- Massa LB (com incorporação de licor de casca de batata).

4.3. Avaliação da textura

Análise do Perfil de Textura -TPA

As massas alimentícias cruas isentas de glúten elaboradas neste estudo foram avaliadas em termos de textura, através do teste TPA. Os valores obtidos para a firmeza, adesividade e coesividade encontram-se representados na Figura 12.

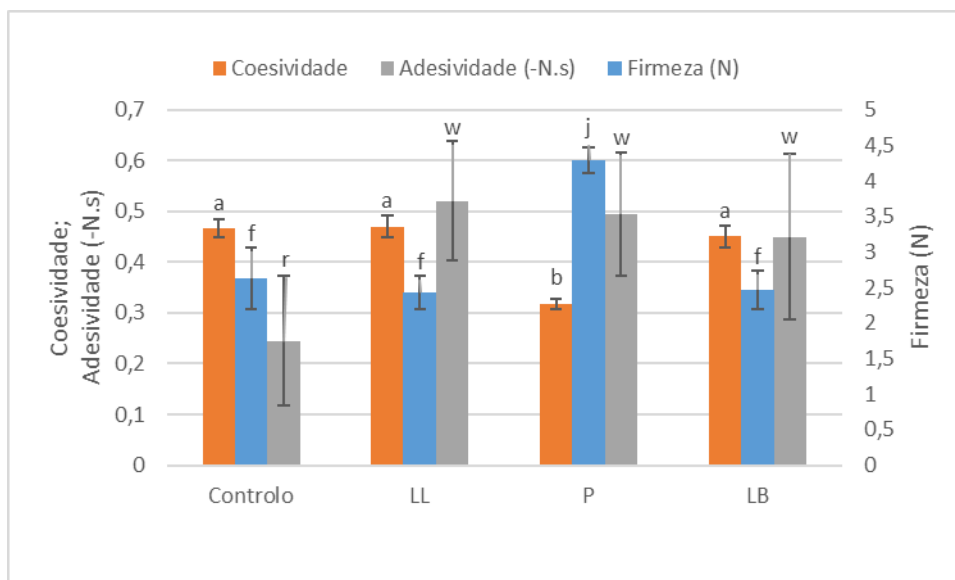


Figura 12- Parâmetros obtidos do teste TPA das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).

*Letras minúsculas diferentes localizada acima da barra representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Em relação ao parâmetro da firmeza verifica-se que existe uma diferença significativa ($p < 0,05$) na massa P em relação às outras massas em estudo. Como já referido anteriormente no capítulo 4.3.1., devido a esta massa ter uma menor quantidade de *Psyllium*, a sua maleabilidade diminui, criando um aumento da força necessária para a penetração da sonda. Esta característica também influencia a sua coesividade, apresenta novamente diferenças significativas ($p < 0,05$) neste parâmetro em relação às outras massas, pois tem uma menor capacidade de voltar ao seu estado original (antes da primeira deformação).

Observa-se ainda que a adesividade não difere significativamente ($p > 0,05$) para as massas alimentícias enriquecidas (LL, P e LB).

Teste de Corte

Através do teste de corte aplicado às massas cozidas em estudo é obtido o parâmetro da firmeza. Na Figura 13 estão apresentados os valores obtidos para os diferentes tipos de massa.

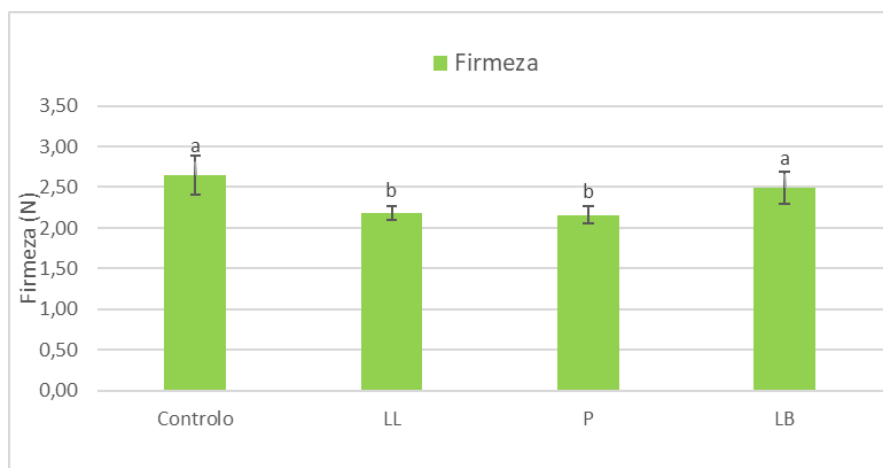


Figura 13- Firmeza das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga Laminaria ochroleuca), P (com incorporação da macroalga Laminaria ochroleuca desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).

*Letras minúsculas diferentes localizada acima da barra representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

A partir da Figura 13 é possível verificar que a massa Controlo e a massa LB (com incorporação de licor de casca de batata) são as que apresentam valores mais elevados de firmeza, sendo estes significativamente diferentes ($p < 0,05$) aos valores obtidos nas massas elaboradas com a incorporação da macroalga (LL e P), que entre si não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$).

Apesar de as massas com incorporação da macroalga serem inferiores, os valores de firmeza obtidos para as massas em estudo são semelhantes a Soares (2018), em que existe a utilização de *Psyllium* na formulação das massas sem gelatinização do amido, e Rocha (2015), com processo de gelatinização do amido de arroz.

Teste de Adesividade à Superfície

Neste teste foram obtidos resultados referentes à adesividade à superfície da massa que se encontram apresentados na Figura 14.

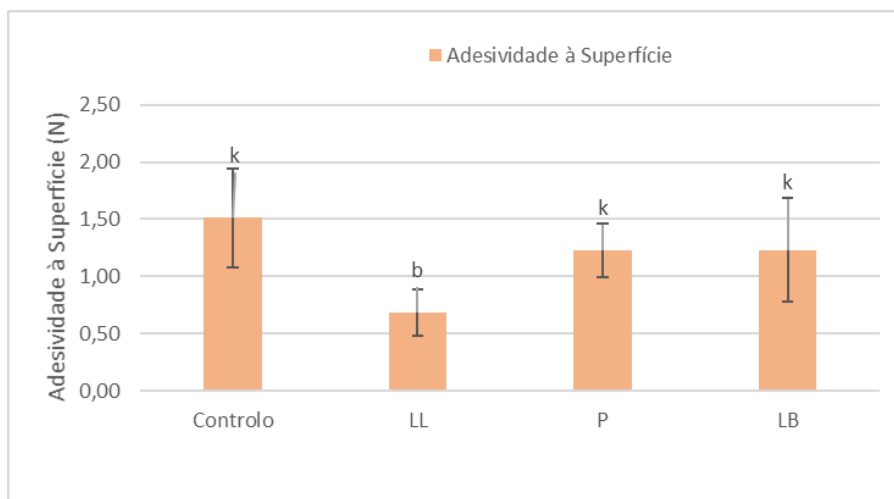


Figura 14- Adesividade à superfície das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).

*Letras minúsculas diferentes localizada acima da barra representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Pode observar-se que apenas a massa LL apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação às outras massas em estudo, sendo este um valor inferior aos restantes. Como já referido anteriormente no fundamento teórico do Teste de Adesividade à Superfície, pertencente ao capítulo 2.10., quanto menor for o valor apresentado neste parâmetro, mais apelativo será para o consumidor pois permitirá que as massas cozidas se separem facilmente umas das outras.

As massas analisadas neste estudo são, de um modo geral, semelhantes em termos de adesividade à superfície quando comparadas com as massas isentas de glúten elaboradas por Soares (2018). No entanto, apresentam valores mais elevados quando analisadas com resultados obtidos em massas com glúten e enriquecidas com macroalgas (Madeira, 2018).

Teste de Extensibilidade

Na Figura 15 compara-se a extensibilidade da massa e a resistência à extensão das massas alimentícias em estudo.

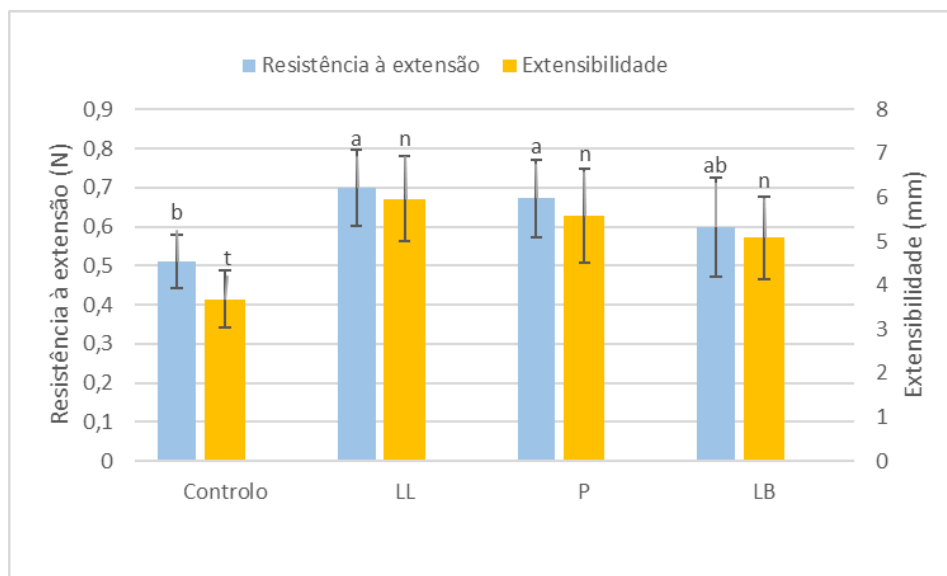


Figura 15- Extensibilidade e resistência à extensão das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).

*Letras minúsculas diferentes localizada acima da barra representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

O valor de extensibilidade obtido para as três massas enriquecidas (LL, P e LB) foi significativamente superior ($p < 0,05$) ao valor obtido na massa controlo, indicando que com a utilização de ambos os estratos ou uma percentagem de puré da macroalga em vez de água na preparação do gel de *Psyllium*, potenciam um aumento de elasticidade da massa alimentícia.

A rede de glúten atribui extensibilidade às massas, como foi verificado por Rocha (2015). Apesar dos valores obtidos para as massas enriquecidas serem superiores ao Controlo, continuam abaixo dos valores obtidos em massas com farinha de trigo elaboradas por Soares (2018) nas mesmas condições de análise. As massas sem glúten têm assim, menor extensibilidade e resistência à extensão devido à ausência do glúten e à estrutura do amido.

4.4. Avaliação do comportamento reológico

A avaliação do comportamento reológico foi feita tanto às massas cruas como na sua forma cozida. Realizaram-se testes de varrimento de tensão para determinar a zona viscoelástica linear associada a cada massa. O valor de tensão selecionado (10 Pa), dentro dessa zona, foi constante para todas as amostras de massas analisadas, tanto cruas como cozidas. Com a tensão definida, realizaram-se os ensaios de varrimento de frequência (Figura 16).

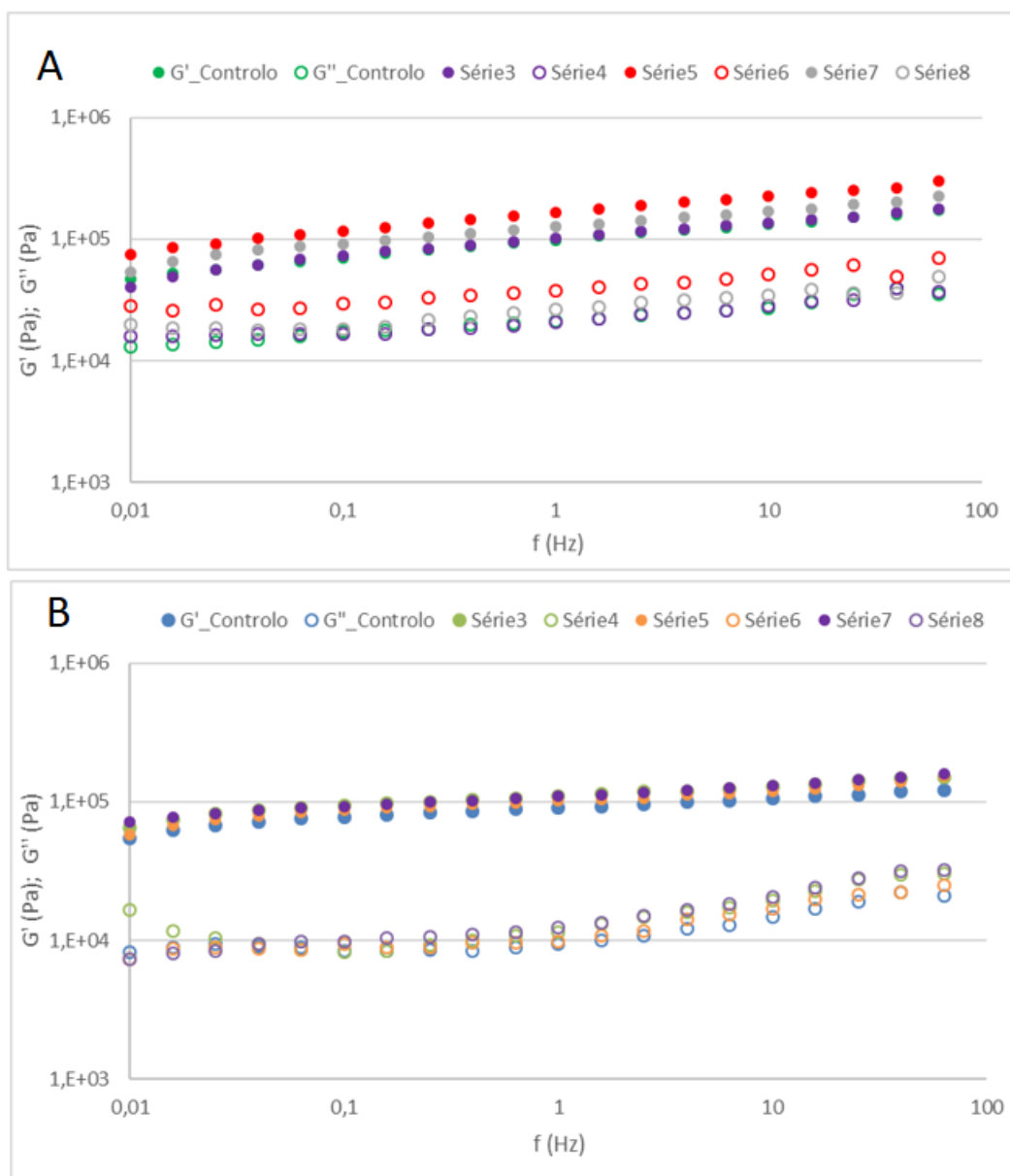


Figura 16- **A**: Teste de varrimento de frequência das massas cruas Controle, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata). **B**: Teste de varrimento de frequência das massas cozidas em estudo.

A partir da Figura 16 verifica-se que em todas as formulações estudadas, a componente elástica (G') é superior à componente viscosa (G''), demonstrando um comportamento predominantemente elástico, típico de um gel. Contudo, verifica-se uma dependência mais acentuada, destas funções viscoelásticas em relação ao aumento da frequência, nos resultados obtidos nas massas cruas, indicando que após a cozedura a estrutura das massas fica mais forte. O tipo de estrutura obtido para as massas alimentícias neste trabalho é o esperado, resultados semelhantes foram obtidos por Soares (2018) e Larrosa (2016).

De modo a quantificar as alterações do módulo elástico entre cada tipo de massa e comprovar a maior estabilidade criada pela operação da cozedura, foi analisada a variação do G' representada na Figura 17, a dois valores de frequência (1 e 10 Hz).

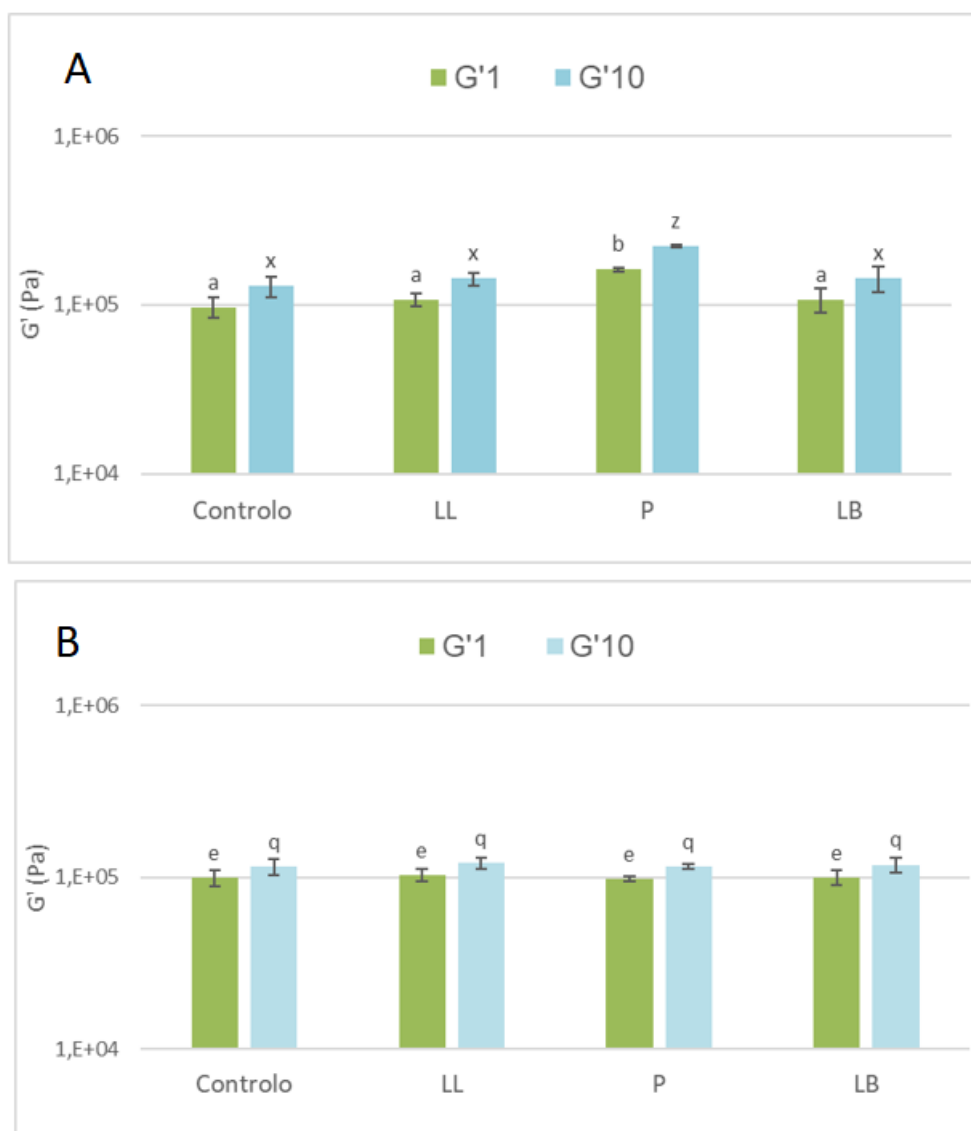


Figura 17- **A:** G' a 1 e 10 Hz das massas cruas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata). **B:** G' a 1 e 10 Hz das massas cozidas em estudo.

*Letras minúsculas diferentes localizada acima da barra representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Pela observação da Figura 16, verifica-se que quando analisada a componente G' das massas cruas (Gráfico A), a massa P apresenta um valor significativamente ($p < 0,05$) mais elevado quando comparado com as outras massas em estudo. No entanto, quando analisado o mesmo parâmetro nas massas cozidas, estas não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre si, indicando que após a etapa de cozedura, não só as amostras ficam mais estáveis e fortes, como também existe uma uniformização das características reológicas das massas. A principal razão que leva aos

espectros mecânicos ficarem padronizados após a cozedura, é devido ao processo de arrefecimento (dados não mostram) que ocorre após a cozedura. Poderá existir um aumento de ligações entre as moléculas que formam a estrutura da massa, culminando na formação de uma rede contínua de moléculas de amilose solubilizada que ligam os grânulos de amido (provenientes da farinha de arroz, fração igual para todas as formulações) através de ligações de hidrogénio (Lu *et al*, 2011), mais conhecido como gelatinização do amido.

4.5. Composição química das massas

Na Tabela 4 encontra-se resumida a composição química das massas desenvolvidas (proteínas, lípidos, cinza e humidade).

Tabela 4- Caracterização das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata), tanto no seu estado cru como cozido.

		Proteínas	Lípidos	Cinza	Humidade
		(% m/m base seca)			(% m/m)
Massa Controlo	Crua	7,66 ± 0,15 ^u	2,17 ± 0,22 ^m	0,46 ± 0,01 ^v	50,33 ± 0,21 ^a
	Cozida	7,72 ± 0,01 ^u	0,64 ± 0,18 ^j	0,43 ± 0,02 ^v	65,35 ± 1,36 ^d
Massa LL	Crua	8,14 ± 0,15 ^u	0,98 ± 0,44 ^{kj}	1,31 ± 0,09 ^t	49,15 ± 0,40 ^b
	Cozida	8,12 ± 0,12 ^u	0,89 ± 0,14 ^{kj}	0,81 ± 0,03 ⁿ	62,88 ± 0,88 ^e
Massa P	Crua	8,13 ± 0,17 ^u	1,64 ± 0,28 ^{mk}	1,89 ± 0,06 ^h	48,30 ± 0,54 ^c
	Cozida	8,00 ± 0,01 ^u	0,85 ± 0,37 ^j	1,13 ± 0,05 ^s	67,58 ± 1,09 ^f
Massa LB	Crua	8,18 ± 0,13 ^u	0,82 ± 0,27 ^j	0,87 ± 0,03 ⁿ	48,92 ± 0,10 ^{bc}
	Cozida	8,26 ± 0,30 ^u	0,81 ± 0,13 ^j	0,55 ± 0,02 ^v	64,18 ± 1,16 ^{de}

*Letras minúsculas diferentes localizadas na mesma coluna representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

O teor proteico das massas sem glúten desenvolvidas neste estudo não apresenta diferenças significativas ($p > 0,05$) entre si, sendo que os valores de obtidos variam entre 7,66 e 8,26 %. Devido à inexistência de diferenças significativas entre as amostras, conclui-se que a percentagem de proteína presente advém maioritariamente da farinha de arroz, que apresenta valores entre 5,2 – 9 % de teor de proteínas em base seca (Puncha-arnon & Uttapap, 2013). Em todas as amostras não existiram perdas significativas ($p > 0,05$) de proteínas após a operação de cozedura, não existe lixiviação de proteína. Este facto deve-se às ligações que se formam entre as proteínas durante a etapa de mistura, ficando incorporadas na estrutura das massas, o que dificulta a sua lixiviação.

No que diz respeito à determinação do teor de lípidos, o valor obtido para a Massa Controlo Crua deveria estar mais próximo do obtido para a Massa Controlo Cozida, como acontece nas massas com incorporação de licores (LL e LB). Isto deve-se ao facto de a única diferença na formulação ser a troca da água (não apresenta gordura na sua composição) pelos licores em causa. No entanto é possível verificar que a gordura apresentada pela Massa Crua P é superior em relação à Massa Crua LL, devido ao facto de na operação de autohidrólise só serem retirados os compostos hidrossolúveis, e como a massa P tem na sua incorporação a macroalga com todos os seus constituintes (exceto a água), irá apresentar uma maior quantidade de lípidos que, segundo Otero (2019), representam 7 % de massa em base seca.

Em relação ao teor de cinzas, verifica-se que existe um decréscimo significativo ($p < 0,05$) em todas as massas enriquecidas quando se compara as massas cruas com as cozidas, querendo dizer que na etapa de cozedura existe perda do teor de minerais.

Tendo em conta outros trabalhos de enriquecimento de massas alimentícias isentas de glúten, pode-se observar que resultados semelhantes de teor de proteína e lípidos foram obtidos por Soares (2018), com enriquecimento da microalga *Spirulina*, no entanto, em termos do teor de cinza, os resultados apresentados nesse estudo foram inferiores aos verificados nas massas enriquecidas pela macroalga *Laminaria*.

Os resultados obtidos para a determinação do teor de fibra das massas alimentícias cozidas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Teor de Fibra nas massas cozidas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata).

	Fibra (% m/m base seca)		
	Solúvel	Insolúvel	Total**
Massa Controlo Cozida	1,22 ± 0,59	4,83 ± 0,39	6,05 ± 0,69 ^a
Massa LL Cozida	1,09 ± 0,67	4,40 ± 0,39	5,49 ± 0,75 ^a
Massa P Cozida	1,82 ± 1,05	7,00 ± 0,13	8,82 ± 0,96 ^b
Massa LB Cozida	1,44 ± 0,49	3,94 ± 0,11	5,38 ± 0,56 ^a

*Letras minúsculas diferentes localizada na mesma coluna representam diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

**Calculado por somatório da quantidade de fibra solúvel e insolúvel.

A partir da análise dos valores obtidos para o teor de fibra total presente nas massas após a etapa de cozedura, foi possível verificar que a Massa P apresenta um valor significativamente maior ($p < 0,05$) em relação às outras massas. Esse acréscimo no teor em fibra deve-se ao facto de na formulação da massa, a macroalga ser

adicionada no seu estado natural (por inteira), como referido anteriormente. Este aumento é bastante importante para pacientes com DC, pois promove a saciedade, diminui o impacto glicêmico das refeições e reduz os sintomas gastro intestinais indesejáveis (Kaczmarczyk *et al.*, 2012). Os resultados de fibra obtidos para as massas Controlo, LL e LB, são semelhantes aos resultados chegados por Zandonadi, *et al.* (2014).

Segundo a Comissão Europeia (2012), o teor de fibra obtido para as quatro massas em estudo permite a utilização da alegação nutricional de “Fonte de fibra” para todas as massas alimentícias, sendo que para a massa P é possível alegar que o produto contém um “Alto teor em fibra”.

4.6. Avaliação do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante

A quantificação do teor de compostos fenólicos totais, determinado pelo método Folin-Ciocalteu, e a determinação da atividade antioxidante, estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Quantificação do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante através dos métodos DPPH e ABTS das massas Controlo, LL (com incorporação de licor da macroalga *Laminaria ochroleuca*), P (com incorporação da macroalga *Laminaria ochroleuca* desidratada) e LB (com incorporação de licor de casca de batata), cruas e cozidas.

		Compostos fenólicos (mg/ g massa base seca)		Atividade antioxidante (mmol Trolox/ g massa base seca)	
		Ácido Gálico**	Floroglucinol**	DPPH	ABTS
Massa Controlo	Crua	1,45 ± 0,07 ^m	1,88 ± 0,03 ^p	124,03 ± 12,57 ^c	186,73 ± 12,35 ^x
	Cozida	2,27 ± 0,24 ^m	1,18 ± 0,10 ^s	92,40 ± 4,69 ^{cd}	27,95 ± 0,89 ^k
Massa LL	Crua	-	2,04 ± 0,03 ^p	120,95 ± 12,38 ^{cd}	202,99 ± 25,16 ^x
	Cozida	-	1,38 ± 0,02 ^{ho}	81,07 ± 5,69 ^d	132,12 ± 13,37 ^{xk}
Massa P	Crua	-	1,54 ± 0,04 ^h	115,55 ± 12,30 ^{cd}	391,56 ± 24,45 ^y
	Cozida	-	1,28 ± 0,09 ^{os}	117,67 ± 4,16 ^{cd}	89,30 ± 8,16 ^{xk}
Massa LB	Crua	14,26 ± 1,01 ^f	-	346,82 ± 26,72 ^a	1414,17 ± 66,48 ^z
	Cozida	18,38 ± 0,49 ^g	-	267,12 ± 20,85 ^b	842,18 ± 88,06 ^w

*Letras minúsculas diferentes localizada na mesma coluna representam diferenças significativas entre as formulações (p≤0,05) de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

**Solução padrão utilizada para elaborar a reta de calibração.

Em todas as determinações efetuadas a massa LB apresenta valores significativamente superiores (p<0,05) às outras massas em estudo, ou seja, o licor de

casca de batata irá contribuir para um maior enriquecimento em compostos bioativos. Não obstante, a massa crua P também apresenta um valor ($391,56 \pm 24,45$ mmol Trolox/g) significativamente superior ($p < 0,05$) em relação às restantes massas (Controlo e LL) na determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS. No entanto, após a etapa de cozedura, esse valor decresce significativamente ($p < 0,05$) para $89,30 \pm 8,16$ mmol Trolox/g. Os resultados obtidos para a massa enriquecida com extrato de casca de batata são bastante positivos, e traduzem os resultados alcançados por Nara *et al.* (2014) que demonstrou a elevada atividade antioxidante da casca de batata devido ao alto teor de compostos fenólicos (ácido ferúlico, ácido clorogénico e ácido cafeico). Este enriquecimento traz benefícios para um paciente com DC.

A partir da quantificação do teor de compostos fenólicos para as massas com incorporação da macroalga, é possível verificar que não existiram aumentos significativos ($p < 0,05$) em relação à massa Controlo. Este facto deve-se à presença de compostos fenólicos presentes no *Psyllium* como na farinha de arroz, descritos nos estudos realizados por Patel *et al.* (2016) e Lai *et al.* (2009) respetivamente, que estão incorporados em todas as massas. No entanto, seria de esperar um aumento significativo das massas enriquecidas com macroalga em relação à massa controlo, pois, na sua composição, a Laminaria apresenta elevadas quantidades de epicatequina galato, composto fenólico extraído por Quirós *et al.* (2010) no seu estudo.

5. Conclusão

Através dos estudos realizados verificou-se que é possível obter massas sem glúten, com incorporação de *Psyllium* (elemento estruturante) enriquecendo-as com macroalga *Laminaria ochroleuca* e subprodutos da indústria da batata (casca de batata). O trabalho laboratorial de caracterização das massas correu conforme esperado, sendo que a partir da discussão de resultados chegou-se às conclusões referidas neste capítulo.

Em termos das características das massas alimentícias isentas de glúten elaboradas neste estudo, pôde-se observar que as massas enriquecidas com licores (Massas LL e LB) apresentam resultados semelhantes à massa controlo, quando comparadas no seu estado cru (resultados obtidos a partir do teste TPA e do espectro mecânico). No entanto, a Massa Crua P demonstrou ter uma difícil maleabilidade, que poderá causar dificuldades no seu processamento, em grande escala, nomeadamente operações de deslocação do produto na fábrica de produção.

Por outro lado, quando cozidas, as massas enriquecidas apresentam maior estabilidade estrutural (observado através do espectro mecânico) e ainda melhoram as suas capacidades de extensibilidade em relação à massa Controlo. A Massa LL apresenta, ainda, um valor inferior de adesividade à superfície, podendo melhorar assim, a sua aceitação por parte do consumidor, embora não tenha sido possível realizar testes de avaliação sensorial.

Em relação aos parâmetros de qualidade de cozedura, a Massa P apresenta aspetos positivos e negativos, pois, durante a etapa de cozedura apresenta uma perda considerável de compostos solúveis para a água mas, ao mesmo tempo, é aquela que tem um maior índice de inchamento (parâmetro valorizado tanto pelo consumidor, como para a empresa de produção). Apesar destes fatores serem relevantes para despoletar o interesse do consumidor, outro fator igualmente importante é a cor. Em termos visuais, a Massa LB foi a massa que apresentou o tom de cor menos convencional, sendo este um fator importante para os indivíduos com doença celíaca, que estão habituados a massas alimentícias maioritariamente esbranquiçadas, devido à falta de pigmentos de cor presentes no arroz.

Por fim, ao analisar a composição química de todas as massas em estudo, pôde-se concluir que a Massa P apresenta benefícios significativos em termos de fibra e cinza, podendo este aspeto ser essencial para a dieta de um paciente celíaco, uma vez que permite colmatar o défice de absorção de minerais. A Massa LB, por seu lado, apresenta um importante acréscimo de compostos fenólicos e atividade antioxidante da massa quando comparada com a Controlo.

Após a conclusão deste trabalho, tornou-se evidente que são necessários mais estudos para alcançar uma alternativa viável e nutritiva, no que toca ao desenvolvimento de produtos para celíacos. Neste âmbito, surgem algumas sugestões cujo objetivo consiste na promoção e otimização deste produto, tais como:

- Otimizar a formulação da Massa P, de modo a apresentar melhores características texturais e menor perda de sólidos solúveis, durante a cozedura;
- Adição de hidrocolóides como, por exemplo, a goma xantana, para melhorar as propriedades viscoeláticas das massas;
- Determinação da biodisponibilidade dos nutrientes presentes nas massas enriquecidas;
- Realização de outros métodos de avaliação da atividade antioxidante como, por exemplo, o FRAP ou TRAP, de modo a complementar os resultados obtidos neste estudo;
- Análise sensorial das massas alimentícias elaboradas.

6. Referências Bibliográficas

AACC International (1999a). Approved Methods of Analysis. 11th edn. Method 44-15.02 – Moisture: Air-Oven Methods. Reapproval November 3, 1999. St. Paul, MN: AACC International

AACC International (1999b). Approved Methods of Analysis. 11th edn. Method 66-50.01 – Pasta and Noodle Cooking Quality. St. Paul, MN: AACC International

Alves, C., Davis, J., David, J., Bahia, M., Aguiar, R. (2010). Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substâncias orgânicas. *Química nova*. **33**, 2202-2010p;

Andrade, P., Barbosa, M., Matos, R., Lopes, G., Vinholes, J., Mouga, T., Valentão, P. (2013). Valuable compounds in macroalgae extracts. *Food Chemistry*. **138**, 1819-1828p;

AOAC Method 985.29 (1986). Total Dietary Fiber in Foods – Enzymatic-Gravimetric Method;

AOAC Method 991.43 (1994). Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods – Enzymatic-Gravimetric Method, MES-TRIS Buffer;

Arapoglou, A., Varzakas, T., Vlyssides, A., Israilides, C. (2010). Ethanol production from potato peel waste. *Waste Management*. **30**, 1898-1920p;

Araújo, H., Araújo, W., Botelho, R., Zandonadi, R. (2010). Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. *Revista de Nutrição*. **23**, 467-474p;

Arendt, E. & Bello, F. (2008). Gluten-Free Cereal Products and Beverages. 1ªed. EUA: Elsevier Science. 464p;

Arnao, M. (2000). Some methodological problems in determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends in Food & Technology*. **11**, 419-421p;

Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial byproducts: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. **99**, 191-203p;

Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial byproducts: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. **99**, 191–203p;

- Balboa, E., Conde, E., Moure, A., Falqué, E., Domínguez, H. (2013). In vitro antioxidant properties of crude extracts and compounds from brown algae. *Food Chemistry*. **138**, 1764-1785p;
- Banjare, K., Kumar, M., Goel B. K., Uprit, S. (2015). Studies on Chemical, Textural and Sensory Characteristics of Market and Laboratory Peda Samples Manufactured in Raipur City of Chhattisgarh. *Oriental Journal of Chemistry*. **31**, 231-238p;
- Baptista, M. (2006) Celiac disease: a contemporary view. *Reviews and Essays*. **28**, 262-271p;
- Barbiroli, A., Bonomi, F., Casiraghi, M., Lametti, S., Pagani, M., Marti, A. (2013). Process conditions affect starch structure and its interactions with proteins in rice pasta. *Carbohydrate Polymers*. **92**, 1865-1872p;
- Borderías, A., Sánchez-Alonzo, I., Pérez-Mateos, M. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science & Technology*. **16**, 458-465p;
- Bot, A. & Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter – Key to drought-resistant soil and sustained food production. Chapter 5- Creating drought-resistant soil. Food and Agriculture Organization. *FAO Soils Bulletin 80*. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a0100e/a0100e08.htm#TopOfPage>. Acedido em: 01/10/2019;
- Cadoret, J-P., Garnier, M., Saint-Jean, B. (2012). Microalgae, Functional Genomics and Biotechnology. *Advances in Botanical Research*. **64**, 285-341p;
- Cafieri, S, Mastromatteo, M., Chillo, S., Del Nobile, M. (2010). Modeling the mechanical properties of pasta cooked at different times. *Journal of Food Engineering*. **100**, 336-342p;
- Camire, M. E., Violette, D., Dougherty, M. P., McLaughlin, M. A. (1997). Potato peel dietary fiber composition: effects of peeling and extrusion cooking processes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **45**, 1404-1408p;
- Carena, M. (2009). Cereals: Volume III. Nova York: Springer. 425p.
- Carini, E., Curti, E., Cassotta, F., Najm, N., Vittani, E. (2014). Physico-chemical properties of ready to eat, shelf-stable pasta during storage. *Food Chemistry*. **144**, 74-79p;

- Castellar, M., Obón, J., Fernández-López, J. (2006). The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **86**, 122-128p;
- Cauvain, S. & Young, L. (2009). The ICC Handbook of Cereals, Flour, Dough and Product Testing: Methods and Applications, Vienna, Austria, International Association for Cereal Science and Technology (ICC);
- Clerici, M. & EL-DASH, A. (2008). Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. *Ciência e Agrotecnologia*. **32**, 1543-1550p;
- Comissão Europeia (2012) Food Safety – Nutrition and Health Claims. Disponível em: https://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/nutrition_claims_en. Acedido em: 10/10/2019;
- Cornell, H. & Hoveling, A. (1998). Wheat Chemistry and Utilization. Technomic Publishing Company Inc. 1ªed. 426p;
- Correia, P. M., Esteves, S., Guiné R. (2017). Effect of mushroom powder in fresh pasta development. *Foodbalt*. **11**, 134-139p;
- Decreto-Lei nº45588/64. Diário da República n.º 53, Série I, Ministério da Economia - Secretarias de Estado do Comércio e da Indústria;
- Duarte, M. (2016). Novas Abordagens Terapêuticas na Doença Celíaca. Monografia do Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas. Universidade de Coimbra. 5-8p;
- El-Said, G. & El-Sikaily, A. (2013). Chemical composition of some seaweed from Mediterranean Sea coast, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*. **185**, 6089-6099p;
- FAO (2003). Food Energy – Methods of Analysis and Conversion Factors. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Food and Nutrition paper 77, 93p;
- FAO (2017). FAOSTAT Agricultural Data. Food and Agricultural Commodities Production. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acedido em: 28/08/2019;
- Faridi, H. & Faubion, J. (1990). Dough Rheology and Baked Product Texture. Van Nostrand Reinhold;

- Fradinho, P., Flórez-Fernández, N., Sousa, I., Raymundo, A., Domínguez, H., Torres Pérez, M.D. (2019). Environmentally friendly processing of *Laminaria ochroleuca* for soft food applications with bioactive properties. *Journal of Applied Psychology*;
- Fradinho, P., Raymundo, A., Nunes, M. C. (2015). Developing consumer acceptable biscuits enriched with *Psyllium* fibre. *Journal of Food Science and Technology*. **52**, 4830-4840p;
- Frich, A. (2015). Color spaces and gamut. Color Management Guide. Disponível em: <https://www.color-management-guide.com/color-spaces.html>. Acedido em 16/09/2019;
- Gallagher, E., McCarthy, D., Gormley, R. (2004). Improving the Quality of Gluten-Free Products. Department of Food and Nutritional Sciences National University of Ireland, Cork. 2-30p;
- Hager, A., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., Arendt, E. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*. **56**, 239-247p;
- Hamaker, B. (2007). Technology of Functional Cereal Products. Abington: Woodhead Publishing Limited. 568p;
- Huang, D., Ou, B., Prior, R. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **53**, 1841-1856p;
- Ikawa, M., Schaper, T., Dollard, C., Sasner J. (2003). Utilization of Folin-Ciocalteu phenol reagent for the detection of certain nitrogen compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **51**, 1811-1815p;
- INE, Instituto Nacional de Estatística (2019). Consumo humano de arroz branqueado e semibranqueado per capita (kg/ hab.) por Comprimento do grão. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000186&contexto=bd&selTab=tab2. Acedido em 13/09/2019;
- ISO 20483 (2013). Cereals and pulses – Determination of nitrogen content and calculation of the crude protein content – Kjeldahl method. International Organization for Standardization;
- ISO 5492 (2008). Sensory analysis – Vocabulary;
- Kaczmarczyk, M., Miller, M., Freund, G. (2012). The health benefits of dietary fiber: Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism*. **61**, 1058-1066p;

- Karakaya, S. (2004). Bioavailability of phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **44**, 453-464p;
- Kieffer, R., Weiser, H., Henderson, M. H., and Graveland. A. (1998). Correlations of breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a microscale. *Journal Cereal Science*. **27**, 53-60p;
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. **25**, 726-732p;
- Lai, P., Li, K., Lu, S., Chen, H. (2009). Phytochemicals and antioxidante properties of solvent extracts from *Japonica* rice bran. *Food Chemistry*. **117**, 534-544p;
- Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., Califano, A. (2016). Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *Food Science and Technology*. **70**, 96-103p;
- Larrosa, V., Lorenzo, G., Zarytzky, N., Califano, A. (2013). Optimization of rheological properties of gluten-free pasta dough using mixture design. *Journal of Cereal Science*. **57**, 520-526p;
- Lu, S., Chen, J., Chen, Y., Lii, C., Lai, P., Chen, H. (2011). Water mobility, rheological and textural properties of rice starch gel. *Journal of Cereal Science*. **53**, 31-36p;
- Lu, Y. & Foo, L. Y. (2000). Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chemistry*. **68**, 81-85p;
- Lu, Y., Adomako, E., Solaiman, A. R. M., Islam, M. R., Deacon, C., Williams, P. N., Rahman, G., Meharg, A. (2009). Baseline soil variation is a major factor in arsenic accumulation in Bengal Delta paddy rice. *Environmental Science and Technology*. **43**, 1724-1729p;
- Madeira, T. (2018). Estudo de inclusão de macroalgas em massas alimentícias e estudo da concentração de extratos de *Fucus vesiculosus* por ultrafiltração. Coimbra: Politécnico de Coimbra – Escola Superior Agrária. Tese de Mestrado em Engenharia Alimentar. 2-34p;
- Maldonado, A., Mudge, E., Ganzle, G., Schieber, A. (2014). Extraction and fractionation of phenolic acids and glycoalkaloids from potato peels using acidified water/ethanol-based solvents. *Food Research International*. **65**, 27-34p;

- Mariotti, M. & Alamprese, C. (2012). About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. *Food Science and Technology*. **48**, 9-15p;
- Marti, A., Caramanico, R., Bottega, G., Pagani, M. (2013). Cooking behavior of rice pasta: Effect of thermal treatments and extrusion conditions. *LWT – Food Science and Technology*. **54**, 229-235p;
- Marti, A., Seetheramen, K., Pagani, M.A. (2010). Rice-based pasta: a comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *Journal of Cereal Science*. **52**, 404-409p;
- McDonald, R. (1997). *Colour Physics for Industry*. Reino Unido: Society of Dyers and Colourists. 534p;
- Moon, J. & Shibamoto, T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **57**, 1655-1666p;
- Nara, K., Miyoshi, T., Honma, T., Koga, H. (2006) Antioxidant Activity of Bound-Form Phenolics in Potato Peel. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. **70**, 1489-1491p;
- Nash, D., Lanning, S. P., Fox, P., Martin, J. M., Blake, N. K., Souza, E., Graybosch, R. A., Giroux, M., Talbert, L. E. (2006). Relationship of Dough Extensibility to Dough Strength in a Spring Wheat Cross. *Cereal Chemistry*. **83**, 255-258p;
- Naves, M. (2007). Características químicas e nutricionais do arroz. *Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*. **25**, 51-60p;
- Nobre, S., Silva, T., Cabral, J. (2007). Doença celíaca revisitada. *Jornal Português de Gastreenterologia*. **14**, 184-193p;
- NP 4168 (1991). Cereais e derivados – Determinação do teor de matéria gorda total. Lisboa: Instituto Português da Qualidade;
- NP 518 (1986). Cereais e Leguminosas – Determinação do teor de cinza. Processo por incineração a 550 °C. Lisboa: Instituto Português da Qualidade;
- Ormenese, R. & Chang, Y. (2002). Massas alimentícias de arroz: uma revisão. *Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*. **20**, 175-190p;
- Otero, P., López-Martínez, M., García-Risco, M. (2019). Application of Pressurized Liquid Extraction (PLE) to obtain bioactive fatty acids and phenols from *Laminaria ochroleuca* collected in Galicia (NW Spain). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. **164**, 86-92p;

- Ozcelik, B., Lee, J., Min, D. (2003). Effects of Light, Oxygen, and pH on the Absorbance of 2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl. *Journal of Food Science*. **68**, 487-490p;
- Padalino, L., Mastromatteo, M., De Vita, P., Ficco, D.B.M. & Del Nobile, M.A. (2013). Effects of hydrocolloids on chemical properties and cooking quality of gluten-free spaghetti. *International Journal of Food Science and Technology*. **48**, 972-983p;
- Pal, A., Kamthania, M., Kumar, A. (2014). Bioactive compounds and properties of seaweeds – A Review. *Open Access Library Journal*. **1**, 1-17p;
- Patel, M, Mishra, A., Jha, B. (2016) Non-targeted Metabolite Profiling and Scavenging Activity Unveil the Nutraceutical Potential of *Psyllium* (*Plantago ovata* Forsk). *Frontiers in Plant Science*. Vol. 7, 1-17p;
- Pathare, P. & Opara, U. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technology*. **6**, 36-60p;
- Pereira L. (2011). A Review of the Nutrient Composition of Selected Edible Seaweeds - Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses. Nova Science Publishers. 15-47p;
- Pereira, L. (2008). As Algas Marinhas e Respectivas Utilidades. Universidade de Coimbra. 1-16p;
- Pereira, O. R., Macias, R. I., Perez, M. J., Marin, J. J., & Cardoso, S. M. (2013). Protective effects of phenolic constituents from *Cytisus multiflorus*, *Lamium album*, *L.* and *Thymus citriodorus* on liver cells. *Journal of Functional Foods*. **5**, 1170-1179p;
- Plaza, M., Amigo-Benavent, M., del Castillo, M. D., Ibáñez, E., Herrero, M. (2010). Facts about the formation of new antioxidants in natural samples after subcritical water extraction. *Food Research International*. **43**, 2341-2348p;
- Plaza, M., Cifuentes A., Ibanez E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science & Technology*. **19**, 31-39p;
- Puncha-Arnon, S. & Uttapap, D. (2013). Rice starch vs. rice flour: Differences in their properties when modified by heat-moisture treatment. *Carbohydrate Polymers*. **91**, 85-91p;
- Quirós, A., Lage-Yusty, M., López-Hernández, J. (2010). Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. *Food Chemistry*. **121**, 634-638p;

- Rahimi, M., Maleki, H. H., Mortezaei, M. (2017). Identification of informative markers of agronomic traits in different ecotypes of sand plantain (*Plantago psyllium*). *Biologija*. **63**, 325-333p;
- Ratnayake, W., Jackson, D. (2007). A new insight into the gelatinization process of native starches. *Carbohydrate Polymers*. **67**, 511-529p;
- Raymundo, A., Fradinho, P., Nunes, M. C. (2014). Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*. **3**, 96-105p;
- Re, R. Pellegrini, N., Proteggente, N., Panala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biological Medicine*. **26**, 1231-1237p;
- Rocha, A. (2015). Produção de massas alimentícias isentas de glúten a partir de subprodutos da indústria alimentar. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia. Tese de Mestrado em Engenharia Alimentar;
- Sant'Anna, V., Marczak, L., Tessaro, I. (2013). Kinetic Modeling of Anthocyanin Extraction from Grape Marc. *Food and Bioprocess Technology*. **6**, 3473-3480p;
- Santos, S., Vilela, C., Freire, C., Abreu, M., Rocha, S., Silvestre, A. (2015). Chlorophyta and Rhodophyta macroalgae: A source of health promoting phytochemicals. *Food Chemistry*. **183**, 122-128p;
- Sapone, A., Bai, J., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P., Hadjivassiliou, M., Kaukinen, K., Rostami, K., Sanders, D., Schumann, M., Ullrich, R., Villata, D., Volta, U., Catassi, C., Fasano, A. (2012). Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*. **10**, 1-12p;
- Schofield, J. (1996). Wheat Structure: biochemistry and functionality. Reino Unido: Royal Society of Chemistry, 402p;
- Scieber, A., Stintzing, F. C., Carle, A. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. *Food Science and Technology International*. **1**, 401-413p;
- Singh, R. & Kent-Jones, D. (2019). Encyclopedia Britannica. Cereal processing. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/cereal-processing/Other-starch-yielding-plants>. Acedido em 10/09/2019;

Singleton, V. & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagentes. *American Journal of Enology and Viticulture*. **16**, 144-158p;

Smewing, J. (2016). Cooked Noodle Surface Stickiness Determination. Disponível em: <http://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2016/09/noodle-quality-testing-rangeof-texture.html>. Acedido em: 23/08/2019;

Soares, R. (2018). Estudos de incorporação de microalgas em massa alimentícia isenta de glúten. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia. Tese de Mestrado em Engenharia Alimentar. 28-73p;

Sollid, L. (2002). Celiac disease: dissecting a complex inflammatory disorder. *Nature Reviews Immunology*. **2**, 647-655p.

Sousa, I.M.N. (2001). A Reologia dos Produtos Alimentares, In: Covas, J.A., Castro, A.G., Diogo, A.C. - Reologia e Suas Aplicações Industriais. Lisboa: Instituto Piaget. 131-157p;

Statista, The Statistics Portal (2018). Rice consumption. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/255971/top-countries-based-on-rice-consumption-2012-2013/>. Acedido em 14/09/2019;

Suárez, C. (2008). Quelpos (*Laminaria ochroleuca*) en las islas Sisargas, Galicia, España. Disponível em: <https://www.abc.es/fotos-biodiversidad/20120608/quelpos-laminaria-ochroleuca-islas-1502904132979.html>. Acedido em 15/09/2019;

Walter, M., Marchezan, E., Avila, L. A. (2008). Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, Santa Maria. **38**, 1184-1192p;

Wani, A., Singh, P., Shah, M., Schweiggert-weisz, U., Gul, K., Wani, I. (2012). Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal and physicochemical properties – A Review. *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*. **11**, 417-436p;

Zandonadi, R. (2006). Psyllium como substituto de glúten. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Ciências da saúde. Tese de Mestrado em Nutrição Humana. 107p;

Zandonadi, R., Botelho, R., Araújo, W. (2014). Psyllium as a Substitute for Gluten in Pastas. *Journal of Culinary Science & Technology*. **12**, 181-190p;

Zhong, Q. & Daubert, C. (2013). Chapter 15 - Food Rheology. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (Second Edition). Academic Press. 403-426p;

Zhu, F., Cai, Y., Corke, H. (2010). Evaluation of Asian salted noodles in the presence of Amaranthus betacyanin pigments. *Food Chemistry*. **118**, 663-669p.